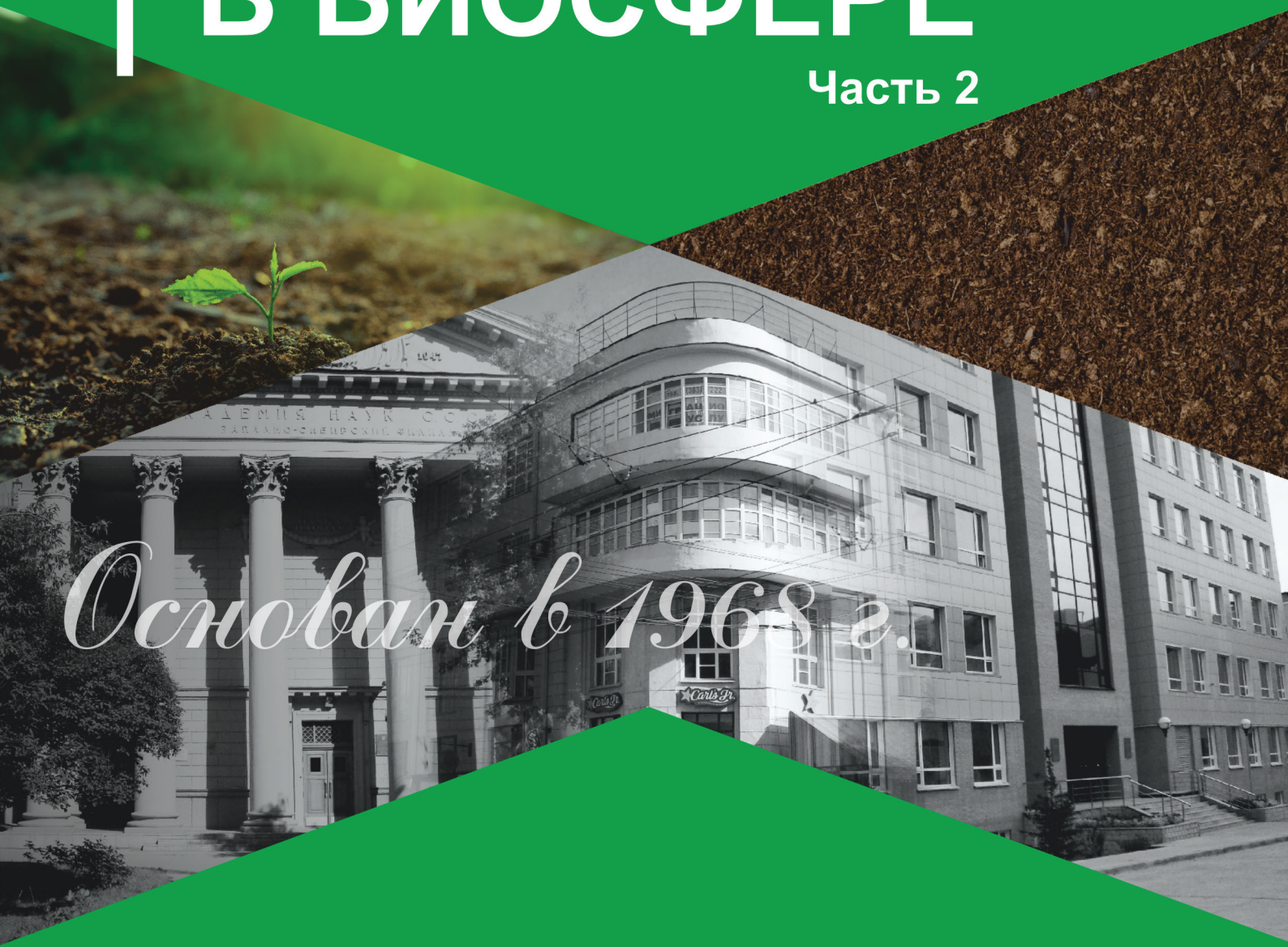
Всероссийская научная конференция
с международным участием,
посвященная 50-летию
Института почвоведения и агрохимии СО РАН

ПОЧВЫ В БИОСФЕРЕ

Часть 2



Основан в 1968 г.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ и АГРОХИМИИ

10–14 сентября 2018 г.

г. Новосибирск

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Новосибирский государственный аграрный университет
Общество почвоведов имени В.В. Докучаева

ПОЧВЫ В БИОСФЕРЕ

Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН

10–14 сентября 2018 г., г. Новосибирск

ЧАСТЬ II

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2018

УДК 631.4
ББК 40.3
П65

Редакционная коллегия:
д-р. биол. наук *А.И. Сысо* (отв. редактор),
канд. биол. наук *Д.А. Соколов*, канд. биол. наук *С.В. Соловьев*, *Д.А. Филимонова*,
канд. биол. наук *А.Н. Безбородова*, канд. биол. наук *Т.В. Нечаева*,
канд. биол. наук *Г.Ф. Миллер*, *О.И. Сапрыкин*

П65 **Почвы в биосфере:** сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН. 10–14 сентября 2018 г., г. Новосибирск / отв. ред. А.И. Сысо. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. – Ч. II. – 458 с.

ISBN 978-5-94621-734-7
ISBN 978-5-94621-736-1 (отд. кн.)

В сборнике представлены материалы исследований в области почвоведения, генезиса, эволюции, экологии и географии почв. Рассматриваются вопросы, связанные с функционированием почв и их роли в биосфере.

Для специалистов, работающих в области почвоведения, агрохимии, экологии, охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, а также преподавателей вузов.

УДК 631.4
ББК 40.3

Издание вышло в свет при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-04-20066 г).

ISBN 978-5-94621-734-7
ISBN 978-5-94621-736-1 (отд. кн.)

© Авторы статей, 2018
© Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 2018
© Томский государственный университет, 2018

СЕКЦИЯ 3.
ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗОВ

УДК 631.4

КАДМИЙ, СВИНЕЦ, ЦИНК В ПОЧВАХ ЗЕРНОВЫХ ЦЕНОЗОВ БАССЕЙНА Р. КАЗАНКА

А.Б. Александрова, Д.В. Иванов, В.С. Валиев, В.В. Маланин, А.А. Марасов

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан, Казань, adabl@mail.ru

Аннотация. *Изучены свойства почв под зерновыми посевами (ячмень, кукуруза) и содержание в почвах подвижных и валовых форм Cd, Pb, Zn. Установлено, что почвы характеризуются оптимальными значениями pH среды (6,4) и содержанием гумуса (3,2%) для произрастания ячменя и кукурузы. Средние концентрации Cd (0,5 мг/кг), Pb (8,1 мг/кг), Zn (33,8 мг/кг) не превышают установленных региональных нормативов валового и подвижного содержания. Наибольшую подвижность Cd и Pb проявляют в почвах под посевами кукурузы.*

Ключевые слова: *свойства почв, валовая форма металлов, подвижность элементов, зерновые культуры, элементы первого класса опасности, бассейн р. Казанка.*

Актуальность. Почва – основное средство производства в сельском хозяйстве. С почвой связана жизнедеятельность сельскохозяйственных растений, где происходит цикл их развития, а во взрослом состоянии с почвой непосредственно взаимодействуют их подземные органы, поглощающие из почвы питательные вещества. Свойства почв, содержание питательных элементов и металлов влияют на жизнедеятельность растений и их урожайность [1].

Содержание металлов в почве – один из показателей оценки и мониторинга сельскохозяйственных земель в структуре современных систем земледелия [2]. Кадмий, свинец, цинк, согласно ГОСТ 17.4.1.02-83 [3], относятся к химическим веществам первого класса опасности. В связи с вышесказанным, изучение и оценка содержания металлов в почвах под посевами различных культур актуальны как в теоретическом, так и в практическом плане.

Основная часть территории республики Татарстан (РТ) представлена землями сельскохозяйственного назначения (68,3%) в составе которых 50,5% занимают пашни [4].

В структуре посевных площадей РТ на долю ячменя приходится 28% от общей площади зерновых культур [5], на долю кукурузы (в основном возделываемой по зерновой технологии) отводится 20% от общей площади кормовых культур [6].

Объекты и методы исследования. Объектом исследования были серые лесные почвы под зерновыми культурами (ячмень, кукуруза), произрастающими на сельскохозяйственной территории бассейна р. Казанка – левого притока р. Волга и одной из главных рек Предкамья РТ. Территория Предкамья, по которой протекает р. Казанка, характеризуется следующими климатическими параметрами: среднегодовое количество осадков – 440 мм; сумма температур выше 10°С – 2020–2150°С, средняя продолжительность вегетационного периода – 160 дней, мощность снегового покрова – 39–44 см [6]. Почвенный покров представлен серыми лесными почвами [7].

В пределах бассейна р. Казанка из пахотного горизонта почв отбирались смешанные пробы методом конверта с глубины 0-20 см на территории 12 полей (на шести полях под каждой культурой) по ГОСТ 28168-89 [8].

В образцах определяли гранулометрический состав, содержание гумуса, pH водной вытяжки методами ГОСТ [9-11], содержание валовых (вытяжка 5н HNO_3) [12] и подвижных (ацетатно-аммонийный буфер, pH 4.8) [13] форм Cd, Pb, Zn. Определение элементов проводили атомно-абсорбционным методом на приборе Perkin Elmer AAnalyst 400. Полученные количественные данные были обработаны с использованием программ Microsoft Excel 2007 и Statistica 8.0.

Обсуждение результатов. Исследования показали, что средняя мощность пахотного горизонта почв под посевами ячменя достигала 20 см, кукурузы – 23 см. Это объясняется различной глубиной проникновения корней растений в почву. Основная масса корней ячменя находится на глубине 20 см, кукурузы – расположена на глубине 30–60 см [14].

Наиболее выраженное влияние из всего комплекса факторов, определяющих интенсивность роста растений, оказывают химизм и физические свойства почвы. Содержание гумуса в изучен-

ных почвах под посевами ячменя и кукурузы в среднем составило 3,2 %, реакция среды характеризовалась как близкая к нейтральной (6,4). Стоит отметить, что pH водной вытяжки почв (не ниже 5,5) и содержание гумуса (не менее 2,5%) являются благоприятными для развития ячменя и кукурузы [15].

Почвы под посевами ячменя среднесуглинистые крупнопылевато-мелкопесчаные. Преобладание в почвах песчаных частиц делает её более проницаемой для корней [16]. Под посевами кукурузы почвы характеризуются тяжелосуглинистым гранулометрическим составом с преобладанием фракций ила и крупной пыли. Преобладание пылеватых и илистых частиц обусловливает низкую водопроницаемость, склонность к заплыванию почв, а также трудность для проникновения корневых волосков [16]. Различие в содержании фракций среднего песка в почвах исследованных посевов составило от 36 до 97%, что объясняется эрозионными процессами, в результате которых мелкопесчаные фракции перемещаются, откладываются и переоткладываются на поверхности пашни в период весеннего снеготаяния. По данным [17], эрозионные процессы, вызванные весенним снеготаянием, даже на небольших уклонах (2°) влияют на содержание фракций мелкого песка в неэродированной почве и наносах. В последних содержание песка выше, чем в неэродированной почве. Коэффициент вариации содержания илистых частиц в почвах под посевами кукурузы составил 44%, что объясняется наличием в выборке представителей с легкоглинистым гранулометрическим составом. Достоверно значимых различий в содержании фракций физической глины и песка в почвах под посевами ячменя и кукурузы установлено не было.

Анализ валового содержания металлов в почвах исследованных посевов бассейна р. Казанка показал, что оно варьирует (мг/кг): Cd 0,21 – 0,68; Pb 5,88 – 11,20; Zn 29,15 – 40,23. Отмечены превышения региональных нормативов фонового содержания [18] валовых форм Cd в 1,4 раза (25% проб), что объясняется внесением минеральных удобрений, в частности фосфорных, в которых кадмий может присутствовать как естественная примесь [10]. В целом наблюдается общая тенденция увеличения содержания металлов в почвах более тяжелого гранулометрического состава. Известно, что гранулометрический и минералогический состав материнских пород во многом предопределяют уровень содержания в почвах металлов [20].

Таблица 1

Статистические параметры варьирования содержания валовых и подвижных форм Cd, Pb, Zn в гумусовом горизонте почв под посевами ячменя и кукурузы бассейна р. Казанка, мг/кг

	В почвах под ячменем (n=6)	В почвах под кукурузой (n=6)	Фон*для средне- и тяжелосуглинистых почв
	M±m		
Валовые формы			
Cd_вал	0.49±0.08	0.27±0.03	0.50
Pb_вал	8.19±0.75	9.97±0.38	12.00
_Zn_вал_	33.82±1.47	33.47±1.56	50.00
Подвижные формы			
Cd_подв	0.03±0.01	0.07±0.01	0.10
Pb_подв	0.27±0.13	0.76±0.11	1.00
_Zn_подв_	1.00±0.07	0.85±0.05	1.00

* Региональные нормативы «Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан».

Содержание подвижных форм металлов в почвах под посевами варьировало (мг/кг): Cd 0,04 – 0,10; Pb 0,05–1,12; Zn 0,67 –1,25. Были выявлены статистически значимые различия содержания подвижных форм Pb в почвах под посевами ячменя и кукурузы. В почвах под посевами ячменя содержалось в 2,8 раза меньше Pb, чем в почвах под посевами кукурузы, что, по-видимому, связано с корневыми выделениями ячменя, связывающих катионы двух- и поливалентных металлов почвы с помощью карбоксильных и гидроксильных групп полисахаридов, аминокислот и карбоновых кислот в комплексные соединения [21].

В целом средние концентрации изученных металлов не превышали установленных региональных нормативов валового и подвижного содержания (табл. 1).

Степень подвижности металлов оценивалась по коэффициенту, характеризующему отношение содержания подвижных форм металлов к валовым, выраженное в процентах (табл. 2). Подвижность Cd в почве под изученными посевами варьировала от 11,0 до 47,0%, Pb 1,0–11,0%, Zn 1,7–3,9%. Были обнаружены статистически значимые различия подвижности Pb в почвах изученных посевов. Степень подвижности Pb под посевами кукурузы в два раза больше чем под посевами ячменя. Наибольшую подвижность Cd и Pb проявляют в почвах под посевами кукурузы. Это обусловлено интенсивностью биохимических процессов в корнеобитаемой среде, видовыми и сортовыми особенностями растений и активностью физиологических процессов в растении [22].

Таблица 2

Степень подвижности металлов в гумусовом горизонте почв под посевами ячменя и кукурузы бассейна р. Казанка, %

Металл	В почвах под ячменем (n=6)	В почвах под кукурузой (n=6)
Cd	18,7	29,7
Pb	3,0	7,5
Zn	2,9	2,6

Zn по степени подвижности уступает Cd и Pb. Высокая сорбционная способность глинистых минералов в отношении Zn [23], существенным образом сказывается на степени подвижности элемента в среднесуглинистых и тяжелосуглинистых почвах.

Заключение. Содержание валовых и подвижных форм Cd, Pb, Zn ТМ в серых лесных почвах бассейна р. Казанка под посевами ячменя и кукурузы находятся в пределах регионального фона. По степени подвижности элементы в почвах распределяются в следующие убывающие ряды: Cd>Pb>Zn. Показатели подвижности Cd и Pb в почвах под посевами ячменя уступают таковым под посевами кукурузы.

Литература

1. Уразаев Н.А., Вакулин А.А., Никитин А.В. и др. Сельскохозяйственная экология. М.: Колос, 2000. 304 с.
2. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. М.: ФГНУ Росинформагротех, 2005. 784 с.
3. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.
4. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов в Республике Татарстан в 2016 году. URL http://eco.tatarstan.ru/gosdoklad.htm (дата обращения 12.04.2018).
5. Кадирова А.М. Продуктивность сортов ярового ячменя в зависимости от фона питания и норм высева в условиях Предкамья Республики Татарстан: автореф. дис. ... канд. с-х. наук. Немчиновка, 2009. 21 с.
6. Система земледелия Республики Татарстан. Часть 1: Общие аспекты системы земледелия. Казань: Центр инновационных технологий, 2013. 165 с.
7. Александрова А.Б., Бережная Н.А., Григорьян Б.Р., Иванов Д.В., Кулагина В.И. Красная книга почв Республики Татарстан / под ред. Д.В. Иванова. 1-е изд. Казань: Изд-во Фолиант, 2012. 192 с.
8. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб.
9. ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
10. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.
11. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.
12. РД 52.18.191-89. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.
13. РД 52.18.289-90. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.

14. Система земледелия Республики Татарстан. Часть 2: Агротехнологии производства продукции растениеводства– Казань: Центр инновационных технологий, 2014. 292 с.

15. Стрижова Ф.М., Царева Л.Е., Титов Ю.Н. Растениеводство: учебное пособие. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. 219 с.

16. Баздырев Г.И., Лошаков В.Г., Пупонин А.И. и др. Земледелие. М.: Колос, 2000. 550 с.

17. Басевич В.Ф., Макаров И.Б. Изменение гранулометрического состава дерново-подзолистых почв при водной эрозии // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 2012. № 1. С. 18–23.

18. Региональные нормативы «Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан». Приказ Министерства экологии и природных ресурсов РТ от 30.12.2015 №1134-к.

19. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.

20. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.

21. Волков О.И. Влияние корневых выделений прорастающих семян ячменя (*Yordeum vulgare* L.) на качественный и количественный состав органических компонентов почвы // Журнал общей биологии. 2010. Т. 71, № 4. С. 359–368.

22. Хомяков Ю.В. Роль корневых выделений растений в формировании биохимических свойств корнеобитаемой среды: автореф. дис. … канд. биол. наук. СПб., 2009. 22 с.

23. Водяницкий Ю.Н. Природные и техногенные соединения тяжелых металлов в почвах // Почвоведение. 2014. № 4. С. 420–432.

CADMIUM, LEAD, ZINC IN THE SOILS OF GRAIN CENOZES THE BASIN OF R. KAZANKA

A.B. Alexandrova, D.V. Ivanov, V.S. Valiev, V.V. Malanin, A.A. Marasov

Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, adabl@mail.ru

Summary. *The properties of soils under grain crops (barley, maize) and the content of mobile and gross forms of Cd, Pb, Zn in soils were studied. It was established that soils were characterized by optimal pH values of the medium (6.4) and humus content (3.2%) for the growth of barley and maize. The average concentrations of Cd (0.5 mg/kg), Pb (8.1 mg/kg), Zn (33.8 mg/kg) did not exceed the established regional standards for gross and mobile contents. The greatest mobility of Cd and Pb was manifested in soils under maize crops.*

Keywords: *soil properties, gross form of metals, element mobility, cereal crops, elements of the first hazard class, the basin of the Kazanka River.*

УДК 631.811

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОГО КОМПОСТА НА ПОЧВЕННОЕ ПЛОДОРОДИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР В ГЕРАНБОЙСКИХ, САМУХСКИХ, КАХСКИХ, ШЕКИНСКИХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ АЗЕРБАЙДЖАН

А.М. Ализаде[1], А.П. Заманова[1], А.Г. Бабаев[1], П.Б. Заманов[1], Э.М. Байрамов[2], Э.Ш. Намазов[2], И.З. Исмайылова[2]

[1] Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан
[2] Азербайджанский государственный аграрный университет, Гянджа, Азербайджан,
zamanovaazada@mail.ru

Аннотация. *В данной работе исследовано комбинированное влияние экологически чистого удобрения – жидкого биопрепарата «Baktovit» и жидкого биопрепарата «Biomax» на урожайность овощных культур и на плодородие почв. Было выявлено, что, в результате комбинированного воздействия, урожайность овощных культур увеличилась в среднем на 30,7%, а показатели почвенного плодородия улучшились на 11,6%.*
Ключевые слова: *биоудобрения, биоактивация, препарат «Baktovit», препарат «Biomax».*

Актуальность. Выращивание экологически чистых сельскохозяйственных продуктов является самой актуальной задачей на сегодняшний день. Применение удобрений, изготовленных на органических отходах, и ферментированных на основе новых технологий, частично может решить задачу обеспечения продовольственной безопасности в контексте выращивания экологически чистых сельскохозяйственных продуктов.

Объекты и методы исследования. Для проведения экспериментов было отобрано 10 фермерских хозяйств в Геранбойском, Самухском, Кахском, Шекинском районах Азербайджанской Республики. Критерии отбора фермерских хозяйств следующие:

– фермеры должны быть информированы о методах применения инновационной технологии питания растений и иметь минимальные знания в данной области;

– фермерские хозяйства должны располагаться как можно ближе к центральным и проселочным дорогам. Близость к районному центру является весьма желательным параметром;

– выбранные фермерские хозяйства, кроме своей основной деятельности должны заниматься, пусть и на минимальном уровне, выращиванием ряда сельскохозяйственных культур, имеющих первостепенную важность для человека, поскольку применение новой инновационной технологии в выращивании таких сельскохозяйственных продуктов, кроме экономических эффектов в фермерском хозяйстве, создает и социальные эффекты, особенно среди малоимущих слоев населения [1].

На территории выбранных фермерских хозяйств были отобраны почвенные образцы для лабораторных анализов. Анализ почвенных образцов был осуществлен лабораториями Института почвоведения и агрохимии Национальной Академии Наук Азербайджана. Результаты приведены в таблице 1.

Нужно отметить, что показатели, полученных при исследовании почвенных образцов, взятых на территории фермерских хозяйств, были усреднены по районам. Как видно из табл. 1, во всех почвенных образцах содержание важнейших элементов питания оказалось ниже нормы.

Для сравнения содержания важнейших питательных элементов, ниже демонстрируется табл. 2, где приведены концентрации питательных элементов как в специально подготовленном компосте, так и в осадке речных вод.

Из сравнения приведенных в таблицах показателей, можно сделать следующий вывод. Содержание важнейших питательных элементов в почвах фермерских хозяйств гораздо ниже, чем в специально подготовленном компосте и осадке речных вод.

Таблица 1

Хозяйство	Органическое вещество, %	Гумус, %	pH	Кол-во легко гидролизуемого азота, мг/100 г	Растворимый фосфор, мг/кг	Подвижный калий, мг/кг
Ках	20	3,2	7,0	8,4	6,5	110
Геранбой	18	2,2	7,4	7,1	6,1	105
Самух	16,5	2,8	7,6	6,8	5,9	116
Шеки	17,2	2,6	7,1	7,5	6,6	102
Средний показатель по районам	17,9	2,7	7,3	7,5	6,3	108

Таблица 2

Название почвы и состав	Органическое вещество, %	Гумус, %	pH	Кол-во легко гидролизуемого азота, мг/100 г	Растворимый фосфор, мг/кг	Подвижный калий, мг/кг
Осадок	20,0	1,76	5,82	11,76	5,9	3,2
Компост	60,0	5,6	7,0	5,6	2,6	1,4
Средний показатель по образцам	40,0	3,68	6,41	8,68	4,25	2,3

Для повышения плодородия почв выбранных фермерских хозяйств в соответствии со специальной технологией было подготовлено биоудобрение. В каждом фермерском хозяйстве был выбран экспериментальный участок площадью в 300 м^2. Поскольку фермеры для своих нужд выращивает такие овощные продукты, как томаты, огурцы, баклажаны, перец, то эксперименты планировалось проводить при условии выращивания этих культур. Из изготовленного экспериментального биоудобрения для каждого хозяйства было выделено по 10 мешков биоудобрения общим весом 250 кг (в каждом мешке по 25 кг). Кроме того, для усиления биологической активации запланировано применять биопрепараты «Baktovit» и «Biomax» – путем опрыскивания растений в течение вегетационного периода. Таким образом, на каждый гектар экспериментального участка выделено по 8,33 т биоудобрения [2].

Применение биоудобрений в фермерских хозяйствах было реализовано по следующей схеме. Каждый экспериментальный участок распахан на глубину 30 см. Далее, в течение 5–6 дней распаханная площадка была несколько высушена под действием ветра и солнечных лучей, после данной процедуры, гетерогенные структуры почвы были измельчены и почвенная поверхность была приведена в порядок. Далее, для каждого экспериментального участка биоудобрение в количестве 250 кг было тщательно распределено по поверхности. После проведения этих процедур экспериментальный участок был вновь распахан до глубины 20–22 см. Эти операции в данной последовательности были проведены с целью получения гомогенной почвенной среды до глубины 20-22 см, которая оказалось под воздействием биологического активатора (биоудобрения). После проведение этих процедур, в течение месяца посадки саженцев и семян овощных растении не производились. Стоит отметить, что время начала обработки экспериментальных участков было выбрано таким образом, чтобы до высаживания саженцев и семян, обработанный активный почвенный слой был подвергнут воздействию биологического активатора [3].

Можно сказать, что по поэтапно выполненные процедуры подготовки экспериментального участка составляет элемент новой инновационной технологии. Расчеты показали, что на каждый м^2 экспериментального участка приходится 833 г биоудобрения. Гомогенная плотность биоудобрения до глубины 20 см составляет определенную величину.

Для усиления эффекта биоактивации в вегетационном периоде, растения, выращенные на экспериментальных участках выбранных фермерских хозяйств, были обработаны жидкими биопрепаратами «Baktovit» и «Biomax». Обработка надземной части растений жидкими биопрепаратами была реализована по следующей схеме. Для каждого фермерского хозяйства

или, говоря иначе, для каждого экспериментального участка размером по 300 м^2 каждый, было выделено 10 л жидкого биопрепарата «Baktovit» и 10 л жидкого биопрепарата «Biomax». В течение вегетационного периода сначала был использован препарат «Baktovit»; через 15-20 дней – препарат «Biomax». По завершении вегетационного периода был проанализирован рост урожайности овощных культур по отношению к контрольным вариантам, где почвенная поверхности не была подвергнута обработке.

Обсуждение результатов. В результате применения использованной нами технологии, урожайность овощных культур по отношению к контрольным участкам, где технология не применялась, увеличилась следующим образом: томаты – на 27,2%; огурцы – 31,6%; баклажаны – 34,5% перец – 29,5%. Показатели почвенного плодородия увеличились в среднем на 11,6%.

Выводы. Выращивание овощных культур в разных почвенно климатических условиях Азербайджана при комбинированном применении специально подготовленного, экологически чистого биоудобрения с жидкими биопрепаратами «Baktovit» и «Biomax» дает хорошие результаты по росту урожайности овощных культур и одновременно улучшает показатели почвенного плодородия.

Работа выполнена при финансовой помощи Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики – Grant No. EİF-KETPL-2-2015-1(25)-56/38/3-M-38.

Литература

1. Карпинский Н.П. Пособие по проведению анализов почв и составлению агрохимическоих картограмм. М.: Россельхоиздат, 1969. 321 с.

2. Жуков А.И., Попов П.Д. Проблема гумуса в земледелии и использование органических удобрений (тезисы докладов всесоюзной конференции 21-23 сентября 1987 г.). Владимир, 1987. 103 с.

3. Заманов П.Б. и др. Рекомендация по агрохимическим основам применения систем удобрений под различные сельскохозяйственные культуры на мелиорированных почвах (на XII пятилетки). Баку: Государственный Агропромышленный Комитет Азерб. ССР Главное управление науки и пропаганды Баку, 1988. 125 с.

THE STUDY OF THE INFLUENCE OF BIOLOGICALLY ACTIVATED COMPOST ON SOIL FERTILITY AND CROP YIELDS IN GORANBOY, SAMUKH, QAKH, SHEKI DISTRICTS OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

A.M. Alizade[1], A.P. Zamanova[1], A.Q. Babayev[1], P.B. Zamanov[1], E.M. Bayramov[2], E.Sh. Namazov[2], I.Z. Ismayilova[2]

[1] Institute of Soil Science and Agrochemistry, NAS of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, zamanovaazada@mail.ru
[2] Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Azerbaijan

Summary. *In this paper, the combined effect of a specially manufactured, environmentally friendly fertilizer, a liquid biopreparation "Baktovit" and a liquid biopreparation "Biomax" on the fertility of vegetable crops and on generalized fertility indices of soils was studied. It was revealed that as a result of the combined effect, the yield of vegetable crops increased by an average of 30.7%, and soil fertility improved by 11.6%.*
Keywords: *biofertilizers, bioactivate, "Baktovit", "Biomax".*

УДК 631.4

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ БУРОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ

О.А. Анциферова

Калининградский государственный технический университет, Калининград, anciferova@inbox.ru

Аннотация. *Установлены гидрологические особенности почв разной степени эродированности в условиях приморского агроландшафта с развитием эрозии. Доказано, что средне- и сильноэродированные почвы обладают плохими водно-физическими свойствами, что приводит к высоким потерям урожая зерновых культур.*
Ключевые слова: *гидрологические особенности почв, буроземы, водная эрозия, урожай.*

Актуальность. Гумидный климат Калининградской области (Юго-Восточная Прибалтика) и распространение холмисто-моренного рельефа способствуют развитию водной эрозии [1–2]. Гидрологические особенности региональных почв в агроландшафтах с развитием эрозии практически не изучены.

Объекты и методы исследования. Основной ключевой участок «Светлогорский» расположен в приморской полосе Самбийской холмисто-моренной равнины. Почвенный покров пахотного поля представляет комбинацию неэродированных буроземов супесчаных на плоских повышениях, эродированных буроземов разной степени на склонах и намытых почв в понижениях. Изучение гидрологического режима почв проведены в 2012–2014 гг. методом бурения до глубины 1м подекадно с апреля по ноябрь с послойным отбором образцов каждые 10 см (с учетом генетических горизонтов). Полевая влажность анализировалась термостатно-весовым методом. Определены почвенно-гидрологические константы: максимальная гигроскопическая влажность (МГ) и наименьшая влагоемкость (НВ) по Николаеву, влажность завядания (ВЗ) методом вегетационных миниатюр, влажность разрыва капилляров (ВРК) принята 0,6НВ для супесей и песков и 0,7НВ для суглинков, полная влагоемкость (ПВ) по общей пористости. Оценка запасов продуктивной влаги (ЗПВ) проведена по шкале Вадюниной и Корчагиной.

Обсуждение результатов. Среднемноголетняя норма осадков для района ключевого участка составляет около 800 мм [3]. Период исследования гидрологического режима почв пришелся на годы с различной влажностью: 2012 г. – 962 мм осадков (очень влажный), 2013 г. – 723 мм (средний), 2014 г. – 589 мм (засушливый).

Режим увлажнения супесчаного бурозема на повышении (р. 1) является неконтрастным. В период с апреля по ноябрь влажность пребывает в основном в двух категориях: ВРК – НВ и НВ – ПВ. В апреле в метровой толще наблюдается капиллярное движения влаги. В сырой (2012 г.) и средний (2013 г.) по осадкам годы формируется локальная кратковременная верховодка над заиленными горизонтами. Длительность периода критического воздухосодержания (около 10 %) в слое 90–100 см варьирует от 1 до 3 месяцев с апреля по ноябрь в сырые и средние по осадкам годы. Создаются условия для развития слабого оглеения, которое отражается на морфологическом облике (табл. 1). Поэтому супесчаный бурозем р. 1 нельзя считать полностью автоморфным.

Запасы продуктивной влаги к середине апреля (начало сева яровых и активной вегетации озимых культур) во все годы наблюдений были удовлетворительными в слое 0–20 см и очень хорошими в слое 0–100 см. Только в сухой 2014 г. год ЗПВ в метровой толще снизились, но оставались в категории «хорошие». Дефицита ЗПВ не наблюдалось.

Переход влажности пахотного и нижележащих горизонтов в категорию ВРК – НВ происходит в начале мая. В зависимости от количества осадков с июня по октябрь чередуются периоды сквозного промачивания метровой толщи (НВ – ПВ) и обратного перехода влажности в оптимальный диапазон (ВРК – НВ). В ноябре устанавливается влажность выше НВ, за исключением сухого 2014 г.

Таблица 1

Показатели гидроморфизма в супесчаных буроземах с развитием эрозии и их агроэкологическое значение

Почвы	Рельеф, ЭГЛ	Глубина проявления, см	Длительность периода (мес.) с пористостью аэрации ≥ 10% с апреля по ноябрь в годы различные по осадкам			Морфологические индикаторы гидроморфизма	Вероятность заболачивания		Влияние на урожай
			сырой (2012)	средний (2013)	сухой (2014)		Поверхностного	Грунтового (верховодка)	
Бурозем супесчаный (несмытый)	Плоское повышение, автономный элювиальный	80–100	3	1	0	Скопление аморфной гидроокиси Fe, серые пятна	–	+ Проточная верховодка в сырые и средние годы	Не выявлено достоверного снижения
Бурозем слабосмытый супесчаный контактно-глееватый на суглинке	Пологий склон 1°, трансэлювиальный	50–100	3 – 4	3	1	Скопления гидроокиси Fe, ржавые пятна, сизые пятна и прожилки	–	+ проточная верховодка в сырые и средние годы	Увеличение урожая озимой ржи в сухой год на 15%*
Буроземы сильно-смытые песчаные или супесчаные	Склоны крутизной 5–9°, трансэлювиальный	80–100	0	0	0	Редкие ржавые пятна **	–	–***	Развитие водной эрозии вызывает снижение урожая всех культур более чем на 50%
Намытые супесчаные и песчаные	Понижения незамкнутые, трансэлю-виально-аккумулятивный	80–100	1–6 в зависи-мости от уклона и площади водосбора	1–6	0–5	Сизый и стальной оттенок гумусированного делювия	+ в сырые сезоны	+ длительность в зависи-мости от площади водосбора	Поверхностное заболачивание более декады и наносы снижают урожай на 40–50%

* – при достаточном минеральном питании; ** – вероятно оглеение в случае наличия тяжелой подстилающей породы; *** – вероятность формирования склоновых вод над поверхностью подстилающей породы в экстремально сырые годы или сезоны; ускоренный размыв почв при переувлажнении.

Таблица 2

Запасы продуктивной влаги и вероятность почвенной засухи в супесчаных буроземах с развитием эрозии*

Почвы	Рельеф	ЗПВ (мм) к середине апреля в годы, различные по осадкам				Длительность периода (дни) с ЗПВ ниже 60 мм в слое 0–100 см (за апрель-октябрь)			Влияние дефицита влаги на урожай
		В слое 0–20 см		В слое 0–100 см					
		Сырые и средние	Сухие	Сырые и средние	Сухие	сырой 2012	средний 2013	сухой 2014	
Бурозем супесчаный (несмытый)	Плоское повышение	35	27	196–217	142	0	0	0	Не выявлено
Бурозем слабосмытый супесчаный контактно-глееватый на суглинке	Пологий склон 1°	32–40	30	233	205	0	0	0	Не выявлено
Буроземы сильно-смытые песчаные или супесчаные	Склоны крутизной 5–9°	19–29	14–18	123–161	100–140	15–30	30–45	45–60	Снижение урожая**
Намытые супесчаные и песчаные	Понижения незамкнутые	37–61	27–41	160–290	172–213	0	0	0	Не выявлено

* – в пахотных почвах под зерновыми культурами; ** на 20–30% дополнительно к другим неблагоприятным факторам, если засуха пришлась на фазы: яровых зерновых входы, кущение – выход в трубку; для озимых культур выход в трубку – колошение.

В буроземе слабосмытом с двучленным профилем (р. 4) выделяются две зоны по увлажнению: 1) кроющий супесчаный нанос отличается динамичностью влажности во времени от скопления верховодки в сырые периоды над подстилающей породой до иссушения до значений ниже ВРК в отдельные летние декады. Образование верховодки над подстилающей суглинистой породой на небольшой глубине (около 50 см) создает условия для формирования плоскости скольжения, что повышает эрозионную опасность почвы, особенно в экстремально сырые годы и периоды; 2) подстилающая суглинистая порода, влажность которой пребывает с апреля по ноябрь в двух категориях: а) НВ – ПВ весной и осенью: б) ВРК – НВ в летний период.

Длительность периода с пористостью аэрации ≥ 10% с апреля по ноябрь составляет 3–4 месяца, и только в сухой год – около месяца. Оглеение четко диагностируется в подстилающей породе (табл. 1).

ЗПВ к середине апреля удовлетворительные в слое 0–20 см, а в метровой толще близки к избыточными (табл. 2). В сухой год обеспечивается оптимальное питание растений в периоды максимального потребления влаги. Поэтому озимая рожь отличается лучшей урожайностью на этих почвах [4].

Режим увлажнения сильносмытых песчаных и супесчаных буроземов на склонах контрастный эрозионно-промывной. Во все изученные годы в метровой толще почв чередовались периоды сквозного промачивания (НВ – ПВ), диапазона ВРК – НВ и недостатка влаги (ВЗ – ВРК). В силу легкого гранулометрического состав переходы совершаются быстро и на значительную глубину.

Пористость аэрации в метровой толще сильносмытых буроземов за период наблюдений не опускалась ниже 10 %. Лимитирующим гидрологическим фактором для этих почв является подверженность засухе. Период дефицита влаги в слое 0–100 см возрастает от сырых лет к сухим. Аналогично увеличивается длительность пребывания влажности в категории ВЗ – ВРК и глубина проникновения иссушения в почву (породу).

Легкий гранулометрический состав, очень слабая оструктуренность приводят к тому, что в осенний период достаточно моросящих осадков, чтобы влажность перешла в категорию НВ-ПВ, и началось перемещение мелкозема по уклону в верхнем 5-сантиметровом слое. Наличие подстилающей породы и двучленное строение профиля типа: песок на суглинке» является наиболее эрозионноопасным. Осеннее накопление влаги над подстилающей породой и обильный латеральный внутрипочвенный сток вызывают явление текучести грунта по плоскостям скольжения. При экстремально сырых погодных условиях (осень 2007) провоцируется быстрое развитие линейных форм водной эрозии (промоины) с выносом большого количества песчаного делювия (до глубины залегания подстилающей породы) [4].

Намытые почвы в понижениях увлажняются атмосферными осадками и намывными склоновыми водами. Постоянное наличие верховодки характерно для почвы, залегающей ниже по рельефу и имеющей большую площадь водосбора (разрез 3). Из-за проточности верховодки сильного оглеения не возникает. К тому же почвы постоянно «растут вверх», новые слои переувлажняются, но в них не успевают сформироваться морфологически выраженные признаки гидроморфизма. Снижение урожая на этих почвах происходит из-за поверхностного затопления и перекрывания всходов эрозионными наносами. Весенние влагозапасы варьируют от хороших до избыточных. Влажность чаще всего пребывает в двух категориях: НВ – ПВ и ВРК – НВ.

В сухие месяцы наблюдается кратковременное иссушение (ВЗ – ВРК) верхних слоев (до 20–40 см). Дефицита ЗПВ в слое 0–100 см за период исследований не было.

Выводы

1. В буроземах на автономных позициях рельефа наблюдается формирование кратковременной верховодки в сырые по осадкам годы, нижняя часть метровой толщи почвы периодически переувлажнена. Однако оптимальные запасы влаги способствуют формированию хороших урожаев зерновых культур.

2. В буроземах на склонах при двучленном строении профиля скопление влаги на тяжелой подстилающей породе и латеральное поверхностное и внутрипочвенное движение воды увеличивает эрозионную опасность почв легкого гранулометрического состава.

3. Сильносмытые супесчаные буроземы на склонах крутизной свыше 4 – 5^0 подвержены быстрому размыву, иссушению весной и летом, что приводит к резкому снижению урожайности.

4. Намытые почвы в понижениях имеют наибольший период переувлажнения. Однако чаще всего снижение урожайности зерновых происходит вследствие перекрывания всходов эрозионными наносами.

Литература

1. Терентьева М.Ю. Эрозия почв западной части Калининградского эксклава. Калининград: Изд-во КГТУ, 2005. 204 с.

2. Юсов А.И. Эрозия почв Вармийской возвышенности. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2011. 201 с.

3. Географический атлас Калининградской области / гл. ред. В.В. Орленок. Калининград: Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. 276 с.

4. Анциферова О.А. Мониторинг пахотных почв в приморском агроландшафте с развитием эрозии. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. 318 с.

AGRO-ECOLOGICAL VALUE HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF BUROZEMS IN THE DEVELOPMENT OF WATER EROSION

O.A. Antsiferova

Kaliningrad state technical University, Kaliningrad, anciferova@inbox.ru

Summary. *It is established hydrological characteristics of soils of different degree of erosion in the conditions of coastal agricultural landscape in the development of erosion. It is proved that medium and strongly eroded soils have poor water-physical properties, which leads to high losses of grain crops.*

Keywords: *hydrological characteristics of soils, brown soils (cambisols), water erosion, crop.*

УДК 631.45:631.8.81.55

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Н.Ф. Балабанова[1], Н.А. Воронкова[2], В.Д. Дороненко[1]

[1] ФГБНУ Омский аграрный научный центр, Омск, natascha.balabanowa@mail.ru
[2] ФГБОУ ВО Омский государственный технический университет, Омск, voronkova.67@bk.ru

Аннотация. *В длительном стационарном опыте на лугово-черноземной почве лесостепной зоны Западной Сибири, установлено, что возделывание в севообороте многолетних трав, внесение соломы в сочетании с рациональным применением минеральных удобрений позволяет сохранить плодородие почвы и увеличить продуктивность сельскохозяйственных культур.*
Ключевые слова: *удобрения, плодородие почвы, севооборот, продуктивность.*

Последовательное решение проблемы увеличения и улучшения качества продукции сельскохозяйственных культур на черноземных почвах лесостепи Западной Сибири неразрывно связано с необходимостью поддержания их потенциального и эффективного плодородия. Одним из основных путей сохранения плодородия почв и повышения продуктивности агроценозов является рациональное применение удобрений [1–4].

При разработке, научном обосновании и освоении систем удобрений первостепенное значение имеют научные материалы, полученные в опытах с длительным систематическим применением удобрений, проведение которых основано на комплексном подходе к изучению взаимосвязи плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур в системе «почва – растение-удобрение» [5, 6].

В этой связи в задачи исследований входило изучение влияния, длительного систематического применения минеральных и органических удобрений в зернотравяном севообороте на элементы плодородия лугово-черноземной почвы, урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

Исследования проводились на опытном поле лаборатории агрохимии ГНУ СибНИИСХ в южной лесостепной зоне Западной Сибири в стационарном опыте, заложенном на основе шестипольного зернотравяного севооборота (1986 г. закладки). Чередование культур в севообороте: люцерна 3 лет использования-пшеница-пшеница-овес. Севооборот развернут во времени и пространстве.

Изучали следующие факторы: Фактор А – средства химизации: 1) Без средств химизации; 2) Оптимальные дозы минеральных удобрений ($N_{10}P_{17}$ на 1 га пашни); 3) Дозы минеральных удобрений, рассчитанные на получение максимально возможного урожая ($N_{15}P_{23}$ на 1 га пашни).

Фактор В – солома: 1) Без соломы; 2) Внесение соломы после уборки зерновых культур в количестве соответствующем урожаю в вариантах опыта.

Почва опытного участка – лугово-черноземная среднемощная среднегумусовая тяжелосуглинистая, исходное содержание подвижного фосфора среднее, обменного калия– очень высокое, величина pHсол – 6,7 близкая к нейтральной.

Анализ почвенных образцов проводили по общепринятым методикам. Содержание нитратного азота определяли с дисульфофеноловой кислотой по Грандваль – Ляжу, количество подвижного фосфора и обменного калия – из одной вытяжки по Чирикову, общий углерод по методу Тюрина в модификации Никитина.

Результаты исследований обработаны дисперсионным методом статистического анализа по Б.А. Доспехову [7].

Погодные условия за период исследований были различные. В 2009 году за вегетационный период выпало 404 мм осадков при средней температуре воздуха – 15,9°С при норме 197 мм и t=16,2°С. Прохладная погода и влажные условия года спровоцировали распространение болезней, вторичное отрастание сорной растительности и в целом удлинение вегета-

ционного периода, что отразилось на урожайности с.-х. культур. Вегетационный период 2010 года характеризовался резкими перепадами температур воздуха в сочетании с недобором осадков более чем на 40%, ГТК составила – 0,55, отмечены явные проявления почвенной засухи. В 2011 году недобор осадков в сочетании повышенной (на 0,3–1,7°С выше нормы) температурой воздуха отмечался в первой половине вегетации. В июле-августе увлажнение было более благоприятным (119–121% осадков при ГТК 1,28-1,44). В итоге за вегетацию количество осадков и температура воздуха были почти близки к норме (203 мм и 16,2°С).

Проведенные исследования, показали, что исходное содержание гумуса в шестипольном зернотравяном севообороте, где 50% площади пашни занимают многолетние бобовые травы (люцерна) в варианте без применения удобрений было на уровне 6,73% и за 24 года практически не изменилось: 6,72% (–0,01) (табл. 1).

Таблица 1

Содержание и запасы гумуса в слое почвы 0–20 см в зависимости от применения минеральных удобрений и соломы

Вариант	Гумус, %	Отклонение, %		Запасы гумуса, т/га
		от контроля	от исходного	
Без удобрений	6,72	–	–0,01	147,8
Солома	6,71	–0,01	–0,04	148,0
$N_{10}P_{17}$	6,88	0,16	0,20	151,4
$N_{10}P_{17}$ + солома	6,88	0,16	0,15	151,4
$N_{15}P_{23}$	7,02	0,30	0,25	154,4
$N_{15}P_{23}$ + солома	7,02	0,30	0,24	154,4
$НСР_{05}$		0,13	0,10	2,8

Длительное применение минеральных удобрений оказывало положительное влияние на гумусонакопление, увеличивая содержание гумуса в почве на 0,25% в сравнении с исходным содержанием.

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{10}P_{17}$ на гектар севооборотной площади повысило содержание и запасы гумуса соответственно на 0,16% и 3,6 т/га в сравнении с неудобренным фоном. При увеличении дозы минеральных удобрений ($N_{15}P_{23}$) данные показатели возросли до 0,30% и 6,6 т/га.

Применение соломы не оказало существенного влияния на содержание и запасы гумуса в почве.

Исследованиями установлено, что содержание нитратного азота в слое почвы 0-40 см перед посевом сельскохозяйственных культур находилось в пределах от 14,9 до 20,5 мг/кг в зависимости от фонов удобренности, что соответствует среднему и повышенному уровню обеспеченности (табл. 2).

Систематическое внесение удобрений в севообороте способствовало улучшению условий азотного питания, обеспеченность нитратным азотом на 21% и 39% была выше на удобренных фонах в сравнении с неудобренным. Внесение соломы не оказывало существенного влияния на содержание нитратного азота в почве.

Содержание подвижного фосфора в неудобренном более 20 лет варианте в слое 0–20 см было на уровне 129 мг/кг почвы. Тогда как за счет систематического внесения минеральных удобрений обеспеченность растений P_2O_5 возросла на 59–103 мг/кг (46–80%) в сравнении с вариантом без удобрений. Использование соломы в качестве удобрения не оказало существенного влияния на фосфатный режим почвы.

Исследования калийного режима почвы показали, что содержание обменного калия в почве опытных участков очень высокое и не зависело от систематического внесения минеральных удобрений и соломы.

Улучшение условий питания сельскохозяйственных растений объясняется, прежде всего, тем, что бобовые травы обогащают почву азотом. Благоприятный питательный режим почвы после люцерны способствовал росту и развитию культуры (табл. 3).

Таблица 2

Содержание элементов минерального питания в лугово-черноземной почве в среднем по зернотравяному севообороту в зависимости от применения минеральных удобрений и соломы, мг/кг

Вариант	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O
	0–40 см	0–20 см	
Без удобрений	14,9	129	267
Солома	15,4	135	275
$N_{10}P_{17}$	17,9	188	261
$N_{10}P_{17}$ + солома	18,2	195	263
$N_{15}P_{23}$	20,5	213	267
$N_{15}P_{23}$ + солома	20,0	232	271
$НСР_{05}$ минеральных удобрений	6,8	29	$F_ф < F_т$
$НСР_{05}$ соломы	$F_ф < F_т$	$F_ф < F_т$	$F_ф < F_т$
$НСР_{05}$ частных средних	9,7	41	$F_ф < F_т$

Таблица 3

Урожайность и качество зерна яровой пшеницы по пласту многолетних трав в зависимости от средств химизации и соломы

Вариант	Урожайность, т/га зерна	Прибавка	Содержание белка, %	Прибавка
0	2,99	–	13,3	–
Солома	3,10	0,11	13,9	0,6
$N_{10}P_{17}$	3,43	0,44	14,1	0,8
$N_{10}P_{17}$+солома	3,44	0,45	14,4	1,1
$N_{15}P_{23}$	3,63	0,64	14,1	0,8
$N_{15}P_{23}$+солома	3,60	0,61	14,3	1,0
$НСР_{05}$		0,31		0,80

В среднем за годы исследований урожайность пшеницы в контрольном варианте составила 2,99 т/га зерна, Применение минеральных удобрений в дозах $N_{10\text{-}15}P_{17\text{-}23}$ на гектар севооборотной площади повышало урожайность яровой пшеницы на 0,44–0,64 т/га зерна. Внесение соломы, как в чистом виде, так и на фоне минеральных удобрений, не привело к существенному увеличению урожайности пшеницы. Несмотря на то, что применение соломы не повысило урожайность данной культуры, однако ее использование улучшает водно-физические свойства почвы, увеличивает запасы органического вещества, решает экологическую проблему и снижает производственные затраты.

Включение в севооборот люцерны позволяет получить высокобелковое зерно с содержанием азота 13,3–14,4%, при этом сбор белка с 1 га пашни составил 39,8–51,2 кг/га. Доминирующее значение в повышении белковости зерна пшеницы имели минеральные удобрения. Максимальное содержание белка получено в варианте $N_{10}P_{17}$ на фоне соломы (14,4%). Применение соломы в зернотравяном севообороте содержание белка в растениеводческой продукции существенно не изменяло. При среднем содержании азота в соломе 0,5% всего с ней вносится 1 кг азота, но при этом ожидаемого повышения азота в зерне яровой пшеницы не происходит.

Таким образом, возделывание в севообороте многолетних бобовых трав, применение органических удобрений (солома) в сочетании с рациональным использованием средств химизации позволяет сохранить почвенное плодородия и повысить продуктивность сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Кочергин А.Е. Эффективность удобрений на черноземах Западной Сибири // Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Западной Сибири. М.: Наука, 1968. С. 316–336.

2. Синягин И.И., Кузнецов И.Я. Применение удобрений в Сибири. М.: Колос, 1979. 370 с.

3. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 266 с.

4. Храмцов И.Ф. Система применения удобрений и воспроизводство плодородия почв в по-левых севооборотах лесостепи Западной Сибири: дис. … д-ра с.-х. наук. Омск, 1997. 435 с.

5. Кирюшин В.И., Южаков А.И., Романова Н.Л., Власенко А.Н. Моделирование зональных систем земледелия на основе полевых экспериментов // Вест. с.х. науки. 1990. № 8.

6. Минеев В.Г. Агрохимия и экологические проблемы современного земледелия // Экологические функции агрохимии в современном земледелии: материалы Всерос. совещ. Геогр. сети опытов с удобрениями, 27–28 февраля 2008. М.: ВНИИА, 2008. С. 5–8.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агрохимиздат, 1985. 351 с.

SOIL FERTILITY AND PRODUCTIVITY OF AGROCENOSIS WITH LONG-TERM USE OF FERTILIZERS

N.F. Balabanova[1], N.A. Voronkova[2], V.D. Doronenko[1]

[1] Federal state budgetary scientific institution Omsk agricultural research center, Omsk, natascha.balabanowa@mail.ru
[2] Omsk State Polytechnic University, Omsk, voronkova.67@bk.ru

Summary. *In the long-term stationary experience on meadow-black soil of the forest-steppe zone of Western Siberia, it was found that the cultivation in the rotation of perennial grasses, straw in combination with the rational use of mineral fertilizers allows to preserve soil fertility and increase the productivity of crops.*
Keywords: *fertilizers, soil fertility, crop rotation, productivity.*

УДК 631.95

ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ЛАБИЛЬНОГО УГЛЕРОДА И МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Т.А. Банкина[1], Е.Я. Рижия[2], Н.Е. Орлова[1], В.А. Милосердова[1], Ю.И. Груздева[1]

[1] ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», Россия, Санкт-Петербург, bankinaagro@mail.ru

[2] ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Россия, Санкт-Петербург, alenarizh@yahoo.com

Аннотация. *В модельном эксперименте с дерново-подзолистой супесчаной почвой установлено отсутствие влияния древесного биоугля в дозе 12 т/га на содержание лабильных соединений углерода, экстрагируемых горячей водой, и на содержание аммония. Совместное применение биоугля с минеральным удобрением привело к увеличению содержания лабильного углерода и ингибированию нитратов в почве, что позволило повысить зерновую продуктивность ячменя в данном варианте эксперимента.*

Ключевые слова: *биоуголь, лабильный углерод, аммоний, нитраты, микроорганизмы, дерново-подзолистая супесчаная почва, ячмень.*

Наиболее важной задачей ресурсосберегающих, экологически сбалансированных систем земледелия на современном этапе является разработка технологий воспроизводства плодородия почв при одновременном росте урожаев. Основой таких технологий должны являться стабилизация или рост гумусированности почв. В виду того, что пожнивные и корневые остатки растений не восполняют отторгаемое из почвы органическое вещество с урожаями, а внесение навоза, соломы и сидератов не обеспечивает стабильности повышения гумусированности почв из-за их быстрой минерализации, требуется дополнительное и постоянное поступление органического вещества в почву [1]. В последние годы для увеличения секвестрации органического углерода в почвах предлагается использовать карбонизированную биомассу в виде биоугля, производимую с помощью высокотемпературного пиролиза без доступа кислорода из отходов деревообрабатывающей промышленности, а также из отходов сельскохозяйственного производства (шелуха риса, семена подсолнечника и др.). Углерод карбонизированной биомассы находится в виде устойчивых ароматических соединений, поэтому минерализация его в почве происходит медленно.

В настоящее время биоуголь широко используется в сельском хозяйстве разных стран мира в качестве органического мелиоранта. Отмечены массовые публикации об эффективности использования древесного угля для повышения плодородия почв. В Канаде, США, Европе многие исследователи [2–4] проводили опыты с зерновыми, овощными и плодовыми культурами и показали, что биоуголь улучшает водно-физические свойства почв, стимулирует микробиологическую активность, улучшает структуру микробного ценоза, снижает эмиссию парниковых газов и в целом положительно влияет на урожайность многих культур. Однако, не смотря на положительные отзывы мирового сообщества, некоторые вопросы остаются неизученными, такие как образование лабильных органических соединений углерода в почвах, доступность питательных элементов растениям, влияние биоугля на интенсивность и направленность биологических почвенных процессов.

В России известны единичные работы по влиянию древесного биоугля на рост растений и некоторые параметры плодородия почв [5, 6]. Однако, влияние биоугля на формирование лабильных, легкоразлагаемых соединений углерода и образующихся из них минеральных форм азота, практически не изучено. Одним из достоверных параметров оценки лабильной части органического вещества почв может быть содержание соединений углерода, экстрагируемых горячей водой ($C_{эгв}$), что легко определяется простыми аналитическими методами [7]. Эта фракция содержит значительную часть углерода микробной биомассы и простые ор-

ганические компоненты. Она имеет большое значение для всех почвенных трансформационных процессов, особенно для снабжения азотом вегетирующих растений.

Образующиеся из лабильных азотсодержащих органических соединений доступные для растений формы азота могут активно сорбироваться биоуглем, вследствие чего их количество может уменьшаться в почве. С другой стороны, биоуголь, улучшая физические свойства почвы и реакцию среды, может положительно влиять на количество микробной биомассы, при минерализации которой содержание аммония и нитратов в почве будет возрастать. Эти процессы, вероятно, идут одновременно и комплиментарны. От того, какой процесс будет преобладать, зависит эффективность действия биоугля и урожай растений.

В связи с этим, цель работы – определение влияния древесного биоугля на формирование лабильных соединений углерода и минеральных форм азота в дерново-подзолистой супесчаной почве.

Объекты и методы. Объектом исследования служила дерново-подзолистая супесчаная почва (Luvic Anthrosol (WRB, 2006)), отобранная в Старом Петергофе под злаково-разнотравным травостоем из верхнего гумусового горизонта с глубины 4–14 см. Агрохимическая характеристика почвы: pH_{KCl} 4,6; $C_{общ}$ 1,75%; $N_{общ}$ 0,18%; $N–NH_4$ 6,2 мг/кг; $N–NO_3$ следы; P_2O_5 47 мг/кг; K_2O 33 мг/кг. Биоуголь, полученный пиролизным способом из березы, имел следующий химический состав: $C_{общ}$ 82,5%; $N_{общ}$ 2,7%; pH_{H2O} 7,5; влажность 1,9%; зола 17%.

Влияние биоугля на образование лабильных форм углерода, органического азота в составе лабильных соединений углерода, минеральных форм азота изучали в динамике при оптимальных гидротермических условиях (в вегетационных сосудах объемом 2 литра при температуре воздуха 22°С и влажности почвы 21%, соответствующей наименьшей влагоемкости). В эксперименте использовали следующие варианты: (К) контроль (почва без удобрений и биоугля); (Б) почва с биоуглем из расчета 12 т/га; (У) почва с минеральным удобренем из расчета N60P60K60/га в форме NH_4NO_3 и KH_2PO_4; (Б+У) – почва с совместным внесением биоугля и минерального удобрения. Растения ячменя (сорт Белогорский), 5 штук, в модельном вегетационном опыте выращивали в сосудах на 1 кг почвы до полной спелости. Повторность опыта 3-кратная.

Биомассу и биоразнообразие почвообитающих микроорганизмов, а также активность выделения ими ферментов определяли по общепринятым методам [7]. Лабильные соединения углерода ($C_{эгв}$) определяли путем экстрагирования горячей водой по Шульц-Кершниц [8] в 4-х кратной повторности. Органический азот в составе $C_{эгв}$ определяли по Тюрину [9], аммиачный и нитратный азот – общепринятыми методами [10].

Для статистической обработки результатов использовали пакет программ SPSS Statistics.

Результаты. Характер динамики аммиачного азота в почве во всех вариантах опыта описывался классической ниспадающей кривой, что свидетельствовало о преобладании процессов нитрификации аммония и, возможно, ассимиляции его почвенной биотой, над процессами окисления и гидролиза лабильных азотсодержащих органических соединений. Содержание аммония в вариантах опыта К и Б было одинаковым и характеризовалось малыми величинами во все сроки наблюдений. Внесение минерального удобрения существенно увеличило концентрацию данного показателя по сравнению с К, а совместное внесение Б+У снизило содержание аммония на 6–15% по сравнению с У (табл. 1).

Содержание нитратов в почве постепенно возрастало в ходе компостирования почвы и снижалось в конце эксперимента (табл. 1). По абсолютному значению количество нитрата было гораздо больше, чем аммония, что свидетельствовало о достаточно быстром окислении его в супесчаной почве в оптимальных условиях. В почве К содержание нитрата было больше, чем в почве с Б. Биоуголь достоверно снижал содержание нитрата в 1,5–2,5 раза на протяжении всего срока компостирования почвы по сравнению с контролем, но в динамике в почве с биоуглем наблюдалось накопление нитрата от 3 до 18 мг/кг.

Наибольшее количество нитрата накапливалось в почве при применении У. Добавление к У биоугля привело к достоверному ($p<0,05$) снижению интенсивности процесса нитрификации от 6 до 34%, оставаясь на уровне 20–30 мг/кг, что имеет существенное экологическое значение и вполне достаточно доля питания растений.

Таблица 1

Влияние биоугля на динамику аммиачного и нитратного азота в дерново-подзолистой супесчаной почве, мг/кг

Форма мин. азота	Варианты	Сроки компостирования (нед.)				
		1	2	3	4	5
$N\text{-}NH_4^+$	К	18±3a	3±1a	3±1a	4±1a	2±1a
	Б	19±2a	5±0a	4±1a	4±1a	3±1a
	Б+У	66±5b	60±4b	17±1b	14±1b	12±1b
	У	82±18c	64±5b	20±1c	16±0b	14±2b
$N\text{-}NO_3^-$	К	4±1a	23±1b	28±2b	30±2b	19±1a
	Б	3±1a	16±1a	21±1a	22±1a	18±3a
	Б+У	22±2b	24±1b	27±1b	31±2b	25±3b
	У	20±1b	28±1c	41±2c	34±1c	29±1c

Примечание. К – контроль (почва без удобрений и биоугля); Б – почва с биоуглем из расчета 12 т/га; У – почва с минеральным удобренем из расчета N60P60K60/га в форме NH_4NO_3 и KH_2PO_4; Б+У – почва с совместным внесением биоугля и минерального удобрения; средние значения с разными буквенными обозначениями (a, b и c) существенно различаются при $p < 0,05$ (критерий Тьюки).

Отмечена общая тенденция к уменьшению $C_{(эгв)}$ в процессе компостирования почвы. Содержание лабильных органических соединений $C_{(эгв)}$ варьировало в почве К от 436 до 420 мг/кг, при внесении Б – от 446 до 430 мг/кг, без существенных различий между вариантами. Наибольшее количество лабильных органических соединений образовывалось в почве при внесении У (от 611 до 520 мг/кг). Совместное внесение в почву Б+У достоверно ($p<0,05$) увеличивало содержание лабильных соединений углерода в 1,3-1,5 раза по сравнению с У.

Водорастворимый органический азот в составе $C_{(эгв)}$ варьировал в К от 55 до 12 мг/кг, в почве с Б от 86 до 29 мг/кг и был достоверно ($p<0,05$) больше по абсолютным значениям во все сроки наблюдений. Это, по-видимому, связано с положительным действием биоугля на развитие почвенной биоты, биомасса которой, гидролизуясь, поставляет в почву значительную долю органических азотсодержащих соединений в виде аминокислот и аминосахаров [11]. В почве с У и при их совместном применении Б+У динамика органического азота в составе $C_{(эгв)}$ описывалась классической волнообразной кривой, связанной с процессами минерализации органического азота и иммобилизации его микробной биомассой. Абсолютные значения органического азота в почве этих вариантов были в два раза больше, по сравнению с почвой контроля и почвой с биоуглем. В почве с У количество водорастворимого органического азота варьировало от 69 до 114 мг/кг; в почве Б+У – от 48 до 123 мг/кг. К концу эксперимента содержание органического азота в составе $C_{(эгв)}$ было наибольшим в почве с Б+У (129 мг/кг), в почве с У – 109 мг/кг, в варианте с Б – 86 мг/кг, в контроле – 50 мг/кг. Поскольку органический азот, входящий в состав $C_{(эгв)}$ состоит преимущественно из аминокислот и гексозаминов [11] составляющих основу микробной биомассы, можно с уверенностью утверждать, что биоуголь положительно действовал на развитие почвенной биоты, что подтвердилось в дальнейших микробиологических исследованиях.

Установлено, что при внесении в почву биоугля увеличивалась численность грибов во всех вариантах: К – 4,3 КОЕ$\times 10^5$/г; Б – 11,6 КОЕ$\times 10^5$/г; Б+У– 8,4 КОЕ$\times 10^5$/г. Показано, что биоуголь исключал случайные виды грибов в почве. Вероятно, это связано с непосредственным влиянием биоугля на патогенные грибы и исключением их из сообщества. При внесении биоугля совместно с минеральными удобрениями бактерии интенсивно осуществляют процессы ассимиляции и увеличивают биомассу, которая дает в последующем необходимое питание для грибов. Поэтому совместное применение Б+У приводит к наиболее благоприятному существованию грибного сообщества, увеличивается разнообразие морфо-культуральных типов, что повышает устойчивость системы.

Кроме того, во всех вариантах с биоуглем наблюдалось увеличение численности бактерий. Максимальное количество КОЕ бактерий было в варианте совместного применения Б+У. По сравнению с К, численность бактерий в данном варианте возросла в 4 раза с 2,3 КОЕ$\times 10^4$/г до 9,1 КОЕ$\times 10^4$/г. В почве с Б численность бактерий увеличилась незначительно по сравнению с контролем (2,8 КОЕ$\times 10^4$/г).

Для оценки ферментативной активности определялась численность продуцентов наиболее значимых для почвы ферментов. Оценка численности продуцентов протеазы показала, что существенные различия между К и Б не наблюдались. Количество микроорганизмов, продуцирующих амилазу, достоверно возрастало при применении Б, и, напротив, продуцирование липазы снижалось. Наивысшая амилолитическая активность наблюдалась при совместном применении Б с минеральным удобрением, а целлюлозолитическая активность – в почве с У, тогда как применение Б не существенно снижало ее в почве.

Изучение структуры биомассы ячменя показало, что количество сырой и сухой биомассы 5-и растений ячменя было одинаковым в К и Б вариантах. Совместное внесение Б+У достоверно увеличило количество сырой и сухой биомассы ячменя по сравнению с К. Внесение биоугля не повлияло на биомассу соломы по сравнению с К, а при совместном внесении Б+У биомасса соломы достоверно ($p<0,05$) увеличивалась по сравнением с У. Наибольшая биомасса зерна была получена в варианте Б, которая составила 1,20 г/сосуд, и дальше по убывающей расположились варианты Б+У, У и контроль. Таким образом, внесение биоугля в почву способствовало увеличению биомассы зерна ячменя, что подтверждалось в условиях полевых опытов [12]. Увеличение зерновой продуктивности растений находилось в соответствии с действием биоугля на уменьшение содержания нитратов в почве, которые, как известно, интенсивно способствуют развитию вегетативных органов растений.

Выводы:

1. Биоуголь не влияет на содержание лабильных соединений углерода ($C_{эгв}$) в дерново-подзолистой супесчаной почве без дополнительного внесения минеральных удобрений.

2. Биоуголь не влияет на интенсивность процесса аммонификации в дерново-подзолистой супесчаной почве, но снижает интенсивность окисления аммония до нитрата.

3. Совместное применение биоугля с минеральными удобрениями увеличивало разнообразие и обилие видов бактериального ценоза, активность ферментов в почве, и зерновую продуктивность ячменя.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (18-016-00208а).

Литература

1. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.

2. Rondon M.A., Lehmann J., Ramírez J. and Hurtado M. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with biochar additions. Biology and Fertility of Soils. 2007. 43(6): 699–708.

3. Steiner C., Teixeira W., Lehmann J., Nehls T., de Macêdo J., Blum W. and Zech W. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. Plant and Soil. 2007. 291(1): 275–290.

4. Gundale M.J. and T.H. DeLuca. Charcoal effects on soil solution chemistry and growth of *Koeleria macrantha* in the ponderosa pine Douglas-fir ecosystem. Biology and Fertility of Soils. 2007. 43: 303–-311.

5. Рижия Е.Я., Бучкина Н.П., Мухина И.М., Белинец А.С., Балашов Е.В. Влияние биоугля на свойства образцов дерново-подзолистой супесчаной почвы с разной степенью окультуренности (лабораторный эксперимент) // Почвоведение. 2015. № 2. С. 211–220.

6. Рижия Е.Я., Бучкина Н.П., Мухина И.М., Балашов Е.В. Перспективы использования биоугля из растительных отходов в сельском хозяйстве Российской Федерации. Материалы международной научно-практической конференции «Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах. Истории опытного дела в агрохимии и агроэкологии Нижегородской области посвящается». 11–12 декабря 2014 г., Нижний Новгород, 2014. С. 119–123.

7. Лабутова Н.М. Методы изучения почвообитающих микроорганизмов: учебное пособие. СПб., 2008. С. 49.

8. Шульц Э., Кершенс М. Характеристика разлагаемой части органического вещества почв и ее трансформации при помощи экстракции горячей водой // Почвоведение. 1998. № 7. С. 890–894.

9. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.

10. Крейер К.Г. и др. Практикум по агрохимическому анализу почв: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005. 88 с.

11. Банкина Т.А. Биохимический способ определения эффективного плодородия дерново-подзолистых почв. Патент № 2236777 от 26.12.2002 г.

12. Мухина И.М., Дурова. А.С. Влияние биоугля на биологические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и эффективность использования растениями питательных веществ // Агрофизика. 2017. № 1. С. 26–35.

EFFECT OF BIOCHAR ON LABILE CARBON AND MINERAL NITROGEN CONTENT IN LUVIC ANTHROSOL

T.A. Bankina[1], E.Y. Rizhiya[2], N.E. Orlova[1], V.A. Miloserdova[1], Y.I. Gruzdeva[1]

[1] Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, bankinaagro@mail.ru
[2] Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia, alenarizh@yahoo.com

Summary. *In the laboratory experiment the influence of wood biochar on the content of labile carbon compounds, extracted by hot water, and the content of mineral nitrogen in the Luvic Antrosol was studied. The difference in the content of labile carbon and ammonium content between control and biochar treatments was not found, while the joint application of biochar with mineral fertilizer stimulated inhibiting of nitrates in the soil, increasing of labile carbon content, what led to increasing of the grain productivity of barley.*
Keywords: *biochar, labile carbon, ammonium, nitrates, microorganisms, barley.*

УДК 631.461:632.93

ПРИМЕНЕНИЕ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА В БАКОВОЙ СМЕСИ С ГЕРБИЦИДОМ НА ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

О.С. Безуглова[1,2], А.В. Горовцов[1,2], Е.А. Полиенко[1], В.А. Лыхман[1]

[1] ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр, пос. Рассвет
[2] Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, lola314@mail.ru

Аннотация. *Сочетание в баковой смеси гербицида из группы сульфонилмочевины ГранстарПро и гуминового препарата BIO-Дон на фоне минеральных удобрений на посевах озимой пшеницы позволяет ликвидировать побочный токсический эффект от гербицида в малой и средней дозе и получить прибавку к урожайности озимой пшеницы в количестве 4–13 ц/га в разные годы исследования в зависимости от погодных условий. Установлено, что использование гербицида снижает численность основных эколого-трофических групп почвенных бактерий, введение гуминового препарата в баковую смесь нейтрализует этот токсический эффект.*
Ключевые слова: *гуминовые препараты, чернозем обыкновенный карбонатный, микроорганизмы, гербицид группы сульфонилмочевины.*

Актуальность. Применение гуминовых веществ в баковых смесях в последнее время получает все большее распространение [1–9]. Обусловлено это тем, что этот прием позволяет решить сразу несколько задач. Как известно, гуминовые препараты стимулируют рост растений, причем этот эффект проявляется и при предпосевной обработке семян, и при внесении в почву, и при фолиарной обработке. Хотя самостоятельная обработка растений растворами гуминовых препаратов довольна затратна, добавление гуминовых препаратов в баковые смеси с протравителями значительно снижает расходы на применение стимуляторов роста. Кроме того, как оказалось, введение в баковые смеси гуминовых кислот помогает растениям преодолеть стресс от применения пестицидов, который в той или иной степени всегда испытывают культурные растения.

Приемы комплексного использования средств химизации и гуминовых препаратов необходимо разрабатывать для каждой конкретной зоны, выясняя оптимальные дозы пестицидов и гуминовых препаратов.

Цель исследований: разработать технологию комплексного применения средств защиты растений и биологически активного гуминового препарата при возделывании озимой пшеницы, чтобы снизить экологические риски и сохранить почвенное плодородие.

Объекты и методы. Исследования вели в течение 2015–2018 гг. на полях стационара ФГБНУ «ФРАНЦ». Почва – чернозем обыкновенный карбонатный. Посевы озимой пшеницы (сорт «Донская лира») обрабатывали в баковой смеси гербицид + гуминовый препарат. Гербицид ГранстарПро в своем составе содержит трибенуронметил, относящийся к группе сульфонилмочевины, варианты опыта включали четыре дозировки химического средства – от рекомендуемой (15–20 г/га) до пониженной (10 г/га) и повышенной (25 г/га), которую применяют при сильной засоренности посевов. Гуминовый препарат BIO-Дон, полученный методом щелочной экстракции из вермикомпоста, использовали в дозе 1 л/га. В качестве фунгицида для обработки семян использовали препарат Альто Супер в дозировке 0,45 л/га. Он, также как и минеральные удобрения, применялся на всех вариантах опыта. Минеральные удобрения (NH_4NO_3 в дозе 100 кг/га) применяли согласно технологической карте для Приазовской зоны. Гуминовый препарат используется в количестве 1 л/га для обработки растений в фазу кущения и в фазу выхода в трубку. Схема опыта приведена в табл. 1.

Эффективность применения гуминового препарата в баковой смеси с пестицидами оценивалась по урожайности озимой пшеницы. Отбор почвенных проб проводили согласно ГОСТу 28186-89. При построении диаграмм пользовались программой MS Excel. Микробиологическая активность почвы, численность эколого-трофических групп микроорганизмов опреде-

лялась стандартным методом посева разведений почвенной суспензии на плотные питательные среды. Проведено определение численности следующих групп микроорганизмов: бактерии, использующие органические формы азота на мясо-пептонном агаре (МПА), бактерии, использующие минеральные формы азота на крахмало-аммиачном агаре (КАА) [10]. Внутри каждой эколого-трофической группы отдельно учитывались бактерии с r-стратегией (образуют видимые колонии на 1–2 сутки) и k-стратегией (образуют видимые колонии на 3–7 сутки). Быстро и медленно растущие виды бактерий могут по-разному реагировать на стрессовые воздействия, в том числе возникающие вследствие действия абиотических факторов среды [11].

Учет урожая и математическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [12].

Результаты и обсуждение. Как показали исследования (табл. 1), проведение гербицидной обработки в повышенной дозировке способствует проявлению токсического эффекта и, как следствие, продуктивность озимой пшеницы снижается на 15% по сравнению с фоном, где сорная растительность уничтожалась вручную.

Таблица 1

Урожайность озимой пшеницы при комплексном использовании гуминового препарата BIO-Дон и гербицида Гранстар Про в дозе 10–25 г/га

№	Вариант	2015		2017	
		Урожайность, ц/га	Прибавка к урожайности, ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка к урожайности, ц/га
1	Фон (N_{34})	52,1	–	73,6	–
2	Фон + гербицид (10 г/га)	49,8	–2,3	52,0	–21,6
3	Фон + гербицид (15 г/га)	47,5	–4,6	79,7	+6,1
4	Фон + гербицид (20 г/га)	45,8	–6,3	64,3	–9,3
5	Фон + гербицид (25 г/га)	43,9	–8,2	65,7	–7,9
6	Фон + BIO-Дон (1 л/га)	53,0	–	70,6	–
7	Фон + гербицид (10 г/га) + BIO-Дон	52,0	–1,0	65,7	–4,9
8	Фон + гербицид (15 г/га) + BIO-Дон	57,0	+4,0	84,4	+13,8
9	Фон + гербицид (20 г/га) + BIO-Дон	48,1	–4,9	68,8	–1,8
10	Фон + гербицид (25 г/га) + BIO-Дон	45,2	–7,8	66,4	–4,2
	$НСР_{05}$		3,09		6,58

Использование гуминового препарата BIO-Дон позволяет значительно снизить токсический эффект или полностью его подавить. При проведении гербицидной обработки в средней дозе, равной 15 г/га, токсический эффект полностью исчезает и наблюдается прирост продуктивности озимой пшеницы. Таким образом, использование гуминового препарата на озимой пшенице сопровождается увеличением урожайности, однако, полезное действие зависит от погодных условий: чем суше год, тем различия между вариантами с гуминовым препаратом и без него больше, что свидетельствует о проявлении адаптогенного действия применяемого гуминового препарата во время засухи.

Экологическая роль гуматов четко проявляется при определении активности микроорганизмов ризосферной зоны растений (таблица 2). В группе аммонифицирующих бактерий медленно растущие виды (k-стратеги) реагировали значительно большим разбросом значений численности, что отражает их чувствительность к локальным условиям, формирующимся в поле.

Для аминоавтотрофной группировки размахи варьирования численности в начале опыта составили 16,5–379,6 млн КОЕ/г для быстрорастущих, и 472,8–1357,7 млн – для медленно растущих видов, что демонстрирует прямо противоположную картину. Следовательно, внутри трофических групп аммонификаторов и аминоавтотрофов можно выделить ясно различающиеся по экологической стратегии группировки. При этом можно предполагать, что среди аминоавтотрофов, растущих на среде КАА, быстрее всего вырастают те клетки, которые уже в момент посева экспрессируют гены амилолитических ферментов, то есть находятся в

активном физиологическом состоянии, тогда как основная масса клеток требует времени для активизации роста. По-видимому, доля активных и потенциально активных клеток в популяции аминоавтотрофов является весьма подвижной, что и обусловливает размах варьирования данного показателя на момент начала опыта.

Таблица 2

Численность бактерий в ризосфере озимой пшеницы до и после обработки гуминовым препаратом BIO-Дон

	Численность бактерий, млн. КОЕ/г абс. сухой ризосферной почвы			
	до обработки		после обработки	
	Аммонификаторы			
№ вар.	r-стратеги	k-стратеги	r-стратеги	k-стратеги
1	114,7	66,0	728,4	239,9
2	256,6	73,2	165,2	214,8
3	422,4	38,1	354,8	60,6
4	314,7	84,4	168,3	134,6
5	281,7	75,7	238,1	261,9
6	245,8	46,6	265,4	185,0
7	313,6	30,2	194,8	508,1
8	269,8	116,8	375,3	339,0
9	352,3	147,5	319,9	12,8
10	378,9	59,8	208,4	66,7
$НСР_{05}$	29,5	7,4	30,2	20,2
	Аминоавтотрофы			
1	16,5	1357,7	451,9	64,6
2	125,1	687,7	206,6	123,9
3	224,4	472,8	623,1	86,5
4	190,0	610,3	286,0	134,6
5	84,2	670,5	345,2	166,7
6	96,6	555,4	474,4	44,2
7	37,4	715,3	829,9	389,6
8	379,6	530,8	371,3	113,0
9	50,5	581,9	230,4	25,6
10	153,3	579,0	137,5	100,0
$НСР_{05}$	13,6	67,6	39,6	12,5

После обработки посевов спустя 2 недели были вновь отобраны пробы почвы из ризосферной зоны. Как можно видеть из данных таблицы 3, через 2 недели после обработки сохраняется высокая численность бактерий аммонифицирующих бактерий в составе микробных сообществ ризосферы, с размахом варьирования 165,2–728,4 млн КОЕ/г для r-стратегов и 12,8–508,1 млн – для k-стратегов. По сравнению с начальным состоянием размахи варьирования численности существенно выросли, что является следствием проводимой обработки. Наибольшая численность r-стратегов наблюдалась в контрольном варианте опыта, а наименьшая в вариантах, обработанных только гербицидом. Для k-стратегов же наблюдалось значительное варьирование по вариантам опыта. При этом нет ярко выраженной зависимости доза → эффект в отношении действия гербицида, а численность данной группы микроорганизмов в вариантах опыта, обработанных гуматами и гербицидом в дозах 10–15 г/га, превышала контрольные значения. Для аминоавтотрофной группировки наблюдаются противоположные тенденции: размах варьирования по сравнению с началом опыта снизился для r-стратегов, но существенно вырос для k-стратегов. Среди аминоавтотрофов r-стратеги выявлены в количестве 137,5–829,9 млн КОЕ/г почвы, а k-стратеги – в количестве 25,6–389,6 млн КОЕ/г почвы.

Более выраженное влияние пестицидов на быстро растущие виды бактерий наиболее ярко проявилось на примере группировки аминоавтотрофов. Обработанные пестицидами варианты демонстрировали значительно более слабый прирост численности по сравнению с контрольным вариантом. Интересно отметить, что обработка гуминовым препаратом также при-

вела к более низкому сезонному увеличению численности данной экологической группы бактерий, однако при взаимодействии с самой низкой дозой гербицида наблюдался прирост численности практически до уровня контрольных значений (вар. 1). Что касается медленно растущих аминоавтотрофных бактерий, то они оказались нечувствительны к используемым в рамках данного эксперимента вариантам обработки.

Таким образом, по итогам микробиологического анализа можно отметить следующее: микробное сообщество ризосферы озимой пшеницы реагирует на обработку посевов гербицидом из группы сульфонилмочевины общим снижением численности основных эколого-трофических групп бактерий. При этом сильнее проявляется воздействие на бактерий с r-стратегией, тогда как k-стратеги оказываются более устойчивыми к данному воздействию, а в ряде случаев даже наращивают свою численность. По-видимому, это связано с угнетением растений, которое в первую очередь отражается на быстро растущих видах, более остро реагирующих на снижение поступления корневых экссудатов.

Влияние гуминового препарата в рамках данного опыта на численность микроорганизмов было выражено слабо, однако его использование совместно с гербицидом, вносимым в низких дозах, приводило к выраженным отличиям как от необработанного гербицидом фона, служившего контролем, так и от вариантов с более высокими дозами гербицида.

Заключение. Гуминовый препарат BIO-Дон при использовании его в баковой смеси с гербицидом для обработки растений дает положительный эффект, выражающийся в прибавке урожайности озимой пшеницы от 4 до 13 ц/га в зависимости от погодных условий года. Обусловлено это нейтрализацией побочного токсического эффекта от гербицида в малой и средней дозе. Наблюдается также снижение токсического эффекта от применения гербицида в дозах выше средней. Важным следствием применения гуминового препарата совместно с гербицидом группы сульфонилмочевины, характеризующимся пониженной химической деструкцией в нейтральных и щелочных почвах, и как следствие снижающим численность основных эколого-трофических групп бактерий, является нейтрализация этого токсического действия.

Литература

1. Грехова И.В., Матвеева Н.В. Применение гуминового препарата в баковой смеси при протравливании семян яровой пшеницы //Проблемы и перспективы биологического земледелия: матер. междунар. науч. конф. Рассвет. Ростов-на-Дону, 2014. С. 121–127.

2. Исайчев В.А., Провалова Е.В., Каспировский А.В. Влияние регуляторов роста на ростовые процессы и урожайность яровой пшеницы // Аграрная наука – основа инновационного развития АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Курган, 2011. Т. 2. С. 230–233.

3. Карпова Г.А., Миронова М.Е. Оптимизация продукционного процесса агроценозов яровой пшеницы и ячменя при использовании регуляторов роста // Нивы Поволжья. 2009. № 1 (10). С. 8–13.

4. Лазарев В.И., Подъелец Т.А. Эффективность гуминовых препаратов в баковых смесях с гербицидами на посевах сахарной свеклы // Аграрная наука. 2010. № 4. С. 20–21.

5. Савченко А.А. Применение регуляторов роста, микроудобрений и фунгицидов на яровой пшенице в лесостепи Тюменской области: дис. ... канд. с.-х. наук. Тюмень, 2007. 167 с.

6. Сергеев В. С., Дмитриев А. М., Влияние гуминовых препаратов и пестицидов на урожайность яровой пшеницы // Живые и биокосные системы. 2015. № 11. URL: http://www.jbks.ru/archive/issue-11/article-2

7. Шамардина Ю.А. Агроэкологические аспекты применения биологических препаратов на основе гуминовых кислот при возделывании ячменя в условиях Центрального Черноземья: автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Курск, 2006. 126 с.

8. Хатков К.Х., Дагужиева З.Ш. Влияние новых гуминовых препаратов на продуктивность озимой пшеницы в предгорной зоне Республики Адыгея // Вестник АГУ. 2016. Вып. 4 (191). С. 122–126.

9. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учеб. пособие /под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 304 с.

10. De Leij F., Whipps J.M., Lynch J.M. The use of colony development for the characterization of bacterial communities in soil and on roots // Microbial ecology. 1994. Т. 27, №. 1. С. 81–97.

11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

THE USE OF HUMIC PREPARATION IN A TANK MIXTURE WITH HERBICIDE ON WINTER WHEAT

O.S. Bezuglova[1, 2], A.V. Gorovtsov[1, 2], E.A. Polyenko[1], V.A. Lykhman[1]

[1]FGBNU Federal Rostov Agricultural Research Center, settl. Rassvet
[2]Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University, Rostov-on-Don, lola314@mail.ru

Summary. *The combination of the herbicide GranstarPro from sulfonylurea group and the humic preparation BIO-Don after the application of mineral fertilizers on winter wheat crops allows the elimination of the toxic effect from the herbicide in small and medium doses. This leads to an increase in the yield of winter wheat in the range of 4-13 q / ha in different years of research depending on the weather conditions. It is established that the use of herbicide reduces the numbers of some groups of soil bacteria, and the use of humic preparation in the tank mixture neutralizes this toxic effect.*
Keywords: *humic preparations, carbonate chernozem, microorganisms, sulfonylurea group herbicide.*

УДК 631.8: 631.452: 631.559: 631.445.24

РОЛЬ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ И УДОБРЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОБИОЦЕНОЗОВ

В.Н. Босак, Т.В. Сачивко

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь, bosak1@tut.by

Аннотация. *В исследованиях на окультуренных дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах почвенное плодородие способствовало получению 49–85%, органические удобрения – 10–25%, минеральные удобрения – 15–47% продуктивности сельскохозяйственных культур. В зависимости от типа севооборота роль плодородия почвы в формировании продуктивности составила 51–70%, органических удобрений – 6–15%, азотных удобрений – 15–30%, фосфорных и калийных удобрений – 6–14%.*

Ключевые слова: *удобрения, почвенное плодородие, сельскохозяйственные культуры, севооборот, продуктивность*

Введение. Современное земледелие решает проблему повышения продуктивности агробиоценозов путем оптимизации применения органических и минеральных удобрений в комплексе с другими агротехническими приемами [1–5].

Применение удобрений в Республике Беларусь обеспечивает порядка 50% урожая на пахотных землях. Интенсивное применение минеральных и органических удобрений в нашей стране позволило также значительно улучшить агрохимические показатели почвенного плодородия. В настоящее время около 30% пашни в Беларуси имеет оптимальные агрохимические показатели.

В полевых и овощных севооборотах наиболее эффективной является полная органоминеральная система, предусматривающая внесение оптимальных доз органических и минеральных удобрений. При научно-обоснованном сочетании органических и минеральных удобрений устраняются специфические недостатки обоих видов и тем самым создаются условия наиболее рационального их использования.

Цель исследования – изучить роль удобрений и почвенного плодородия в формировании продуктивности сельскохозяйственных культур и основных типов севооборотов на окультуренных дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах.

Объекты и методы исследования. Исследования по изучению роли почвенного плодородия и применения органических и минеральных удобрений в формировании продуктивности сельскохозяйственных культур и основных типов севооборотов (зерновых, зернотравяных, специальных, зернопропашных) проводили на протяжении 1991–2017 гг. в длительных и краткосрочных полевых опытах на окультуренных дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах в различных регионах Республики Беларусь [1–7].

Исследуемые культуры: озимые зерновые культуры (озимая пшеница, озимое тритикале, озимая рожь); яровые зерновые культуры (яровой ячмень, яровая пшеница, яровое тритикале, овес); пропашные культуры (картофель, кукуруза, сахарная свекла, кормовая свекла); зернобобовые культуры (люпин узколистный, горох посевной, соя, фасоль овощная, бобы овощные, горох овощной, пажитник голубой), крестоцветные культуры (яровой рапс, озимый рапс, горчица белая, горчица черная); однолетние бобово-злаковые смеси (горохо-овсяная смесь, вико-овсяная смесь, пелюшко-овсяная смесь, горохо-ячменная смесь) и многолетние бобовые травы (клевер луговой однолетнего и двухлетнего пользования).

Агротехника возделывания исследуемых сельскохозяйственных культур – общепринятая для Республики Беларусь [8–12].

Обсуждение результатов. В исследованиях на окультуренных дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах роль удобрений и почвенного плодородия в формировании продуктивности сельскохозяйственных культур зависела от их биологических особенностей и отзывчивости на удобрение (таблица).

Долевое участие удобрений и плодородия почвы в формировании урожайности сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах, %
(средние значения)

Культуры	Почвенное плодородие	Органические удобрения*	Минеральные удобрения
Озимые зерновые культуры	49	18	33
Яровые зерновые культуры	53	10	37
Зернобобовые культуры	69	–	31
Крестоцветные культуры	53	–	47
Пропашные культуры	50	25	25
Однолетние бобово-злаковые смеси	62	12	26
Многолетние бобовые травы	85	–	15

* Действие и последействие.

Среди исследуемых сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах наибольшее влияние почвенного плодородия на формирование их продуктивности отмечено для многолетних бобовых трав (клевер луговой – 85%), зернобобовых культур (люпин узколистный, горох посевной, соя, фасоль овощная, бобы овощные, горох овощной, пажитник голубой – 69%) и бобово-злаковых смесей (горох, вика и пелюшка с овсом и ячменем – 62%).

При возделывании зерновых, крестоцветных и пропашных культур плодородие дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почв обеспечило получение 49–53% их продуктивности.

Долевое участие органических удобрений в формировании продуктивности пропашных культур (картофель, кукуруза, сахарная свекла, кормовая свекла) оказалось 25%, озимых зерновых культур – 18%, однолетних бобово-злаковых смесей – 12%, яровых зерновых культур (последействие) – 10%.

Вклад минеральных удобрений в формирование урожая крестоцветных культур составил 47%, зерновых культур – 33–37%, зернобобовых культур – 31%, однолетних бобово-злаковых смесей – 26%, пропашных культур – 25%, многолетних бобовых трав – 15%.

В исследованиях в основных типах севооборотов (зерновых, зернотравяных, специальных, зернопропашных) на окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве роль плодородия почвы в формировании продуктивности в зависимости от типа севооборота составила 51–70%, органических удобрений – 6–15%, азотных удобрений – 15–30%, фосфорных и калийных удобрений – 6–14%.

Заключение. При возделывании на окультуренных дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах Республики Беларусь в зависимости от биологических особенностей растений почвенное плодородие обеспечило формирование 49–85%, применение органических удобрений – 10–25%, минеральных удобрений – 15–47% общей урожайности. Долевое значение почвенного плодородия в формировании продуктивности основных типов севооборотов на окультуренных дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах составила 51–70%, органических удобрений – 6–15%, минеральных удобрений (азотных, фосфорных, калийных) – 21–44%.

Литература

1. Босак В. Оптимизация питания растений. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. 203 с.

2. Босак В.Н. Влияние удобрений на продуктивность пряно-ароматических культур / В.Н. Босак, Т.В. Сачивко // Аграрная наука – сельскому хозяйству. Барнаул: АГАУ, 2018. Кн. 1. С. 251–253.

3. Босак В.Н. Эффективность применения минеральных удобрений и регуляторов роста при возделывании фасоли овощной / В.Н. Босак, Т.В. Сачивко // Земледелие и защита растений. 2017. № 4. С. 42–44.

4. Лапа В.В., Босак В.Н. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности. Минск, 2002. 184 с.

5. Смеянович О., Босак В. Применение удобрений в севообороте. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. 108 с.

6. Босак В.Н., Смеянович О.Ф. Почвенное плодородие и удобрения как факторы формирования продуктивности сельскохозяйственных культур // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК. Минск: БГАТУ, 2016. С. 233–235.

7. Босак В.Н. Формирование почвенного плодородия в зависимости от вариантов системы удобрений в севооборотах различного типа // Вестник БГСХА. 2012. № 1. С. 78–81.

8. Козловская И.П., Босак В.Н. Производственные технологии в агрономии. М.: Инфра-М, 2016. 336 с.

9. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / Ф.И. Привалов [и др.]. Минск: Беларуская навука, 2014. 288 с.

10. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сборник отраслевых регламентов / Ф.И. Привалов [и др.]. Минск: Беларуская навука, 2012. 469 с.

11. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посевного материала: сборник отраслевых регламентов / В.Г. Гусаков [и др.]; НАН Беларуси, Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси. Минск: Беларуская навука, 2010. 520 с.

12. Справочник агронома / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. Горки: БГСХА, 2017. 315 с.

THE ROLE OF SOIL FERTILITY AND FERTILIZERS IN THE FORMATION OF PRODUCTIVITY OF AGROBIOCENOSIS

V.M. Bosak, T.U. Sachyuka

Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus, bosak1@tut.by

Summary. *In researches on cultivated Podzoluvisol is received soil fertility of 49–85%, organic fertilizers – of 10–25%, mineral fertilizers – of 15–47% of productivity on agricultural crops. In field crop rotation is receiver soil fertility of 51–70%, organic fertilizers – of 6–15%, nitrogen fertilizers – of 15–30%, phosphorus and potassium fertilizers – of 6–14% of crop productivity.*

Keywords: *fertilizers, soil fertility, agricultural plants, crop rotation, productivity.*

УДК 631.412

САМОВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОСТАГРОГЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ

М.Л. Бурдуковский, И.В. Киселева, П.А. Перепелкина, Ю.А. Кошелева

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Россия, Владивосток, burmaxs@inbox.ru

Аннотация. *Выведение земель из залежного состояния в пашню становится общемировой тенденцией. Актуально это и для России, и для Дальневосточного региона в частности. Проведен анализ изменений содержания гумуса и агрегатного состава лугово-бурых оподзоленных и остаточно-пойменных почв в ходе их постагрогенного развития на примере сукцессионного ряда, включающего пашню и залежи 15, 20, 35 и >60-летнего возраста (Уссурийского городского округа Приморского края). Установлено, что количество гумуса в верхнем слое почвенного профиля возрастают с увеличением возраста залежи. В бывшем пахотном горизонте сукцессионного ряда «пашня–залежь» отмечается уменьшение средневзвешенного диаметра агрегатов, а также увеличение коэффициента структурности и количества агрономически ценных агрегатов.*
Ключевые слова: *залежные почвы, структура почвы, гумус.*

Введение. Освоение новых территорий, которые могли бы быть вовлечены в сельскохозяйственный оборот, требует огромных капитальных вложений и значительных трудовых ресурсов, которые у местных муниципалитетов зачастую отсутствуют. Менее затратным способом расширения площадей сельскохозяйственных угодий является возвращение в сельскохозяйственный оборот земель, длительное время не используемых в аграрном производстве. При этом следует учитывать сведения о региональной специфике природного уровня элементов питания и научно-обоснованные технологии по насыщению почв необходимыми элементами питания растений с помощью удобрений.

Выведение земель из залежного состояния в пашню становится общемировой тенденцией [1, 2]. Актуально это и для России, и для Дальневосточного региона в частности. Начиная с 2013 г, в Приморском крае реализуется Государственная программа развития сельского хозяйства, одним из пунктов которой является «Ввод в оборот неиспользованной пашни и залежных земель сельскохозяйственного назначения» (ГП «Повышение уровня жизни сельского населения Приморского края на 2013 – 2020 годы», от 7.12.2012 г.). Для реальной оценки перспективных с хозяйственной точки зрения брошенных ранее почв необходимо комплексное изучение агрохимических, физических, биогеохимических и сукцессионных процессов.

На территории Дальневосточного региона вопросы трансформации залежных почв при повторном вовлечении в сельскохозяйственное использование остаются малоизученными, так как материалов, касающихся изменения уровня плодородия и основных почвенных свойств, практически нет.

Цель исследования – изучить особенности изменение содержания гумуса и агрегатного состава лугово-бурых оподзоленных и остаточно-пойменных почв Уссурийского городского округа Приморского края в ходе их постагрогенного развития.

Объекты и методы. Исследования проводили на бывших пахотных землях Уссурийского городского округа Приморского края, которые в разные годы были выведены из сельскохозяйственного оборота, и на территории агрохимического стационара Приморского научно-исследовательского института сельского хозяйства (Приморском НИИСХ). Изучаемые участки представляли собой залежи 15, 20 и 35-летнего возраста и поле, используемое под возделывание сои (контрольный вариант длительного опыта по использованию удобрений). Почва на участках – лугово-бурая оподзоленная (Gleyic Cambisols). Почвы залежей возрастом >60 лет – остаточно-пойменные (Dystric Fluvisol). Залежи 15-летнего возраста периодически использовались под сенокос. Почва залежи 35-летнего возраста относится к полугид-

роморфной, что предполагает условия постоянного или длительного переувлажнения (территория отбора образцов представляла собой бывшие рисовые чеки). В почвенном профиле присутствуют признаки оглеения.

Содержание гумуса определяли методом Тюрина, фракционно-групповой состав методом И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой, Т.А. Плотниковой [3]. Показатели гумусного состояния почв характеризовали согласно Орлову с соавторами [4].

Структурный (агрегатный) анализ почв проводили в смешанных образцах, отобранных методом конверта на глубинах 0–10 и 10–20 см, с помощью сухого просеивания. Для этого 300 г воздушно-сухой почвы естественного сложения освобождали от корней, интенсивно встряхивали на ситах с диаметром отверстий 10, 5, 2, 1, 0,5 и 0,25 мм. По результатам сухого просеивания определяли коэффициент структурности (Кс), средневзвешенный диаметр агрегатов (СВД), агрономически ценные агрегаты (АЦА) [5].

Статистическую обработку данных осуществляли стандартными методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [6]. Все результаты приведены для уровня значимости 5%.

Результаты и обсуждение. Согласно оценочным показателям [4], содержание гумуса в изученных залежах на лугово-бурых почвах находится на уровне «низких» и «ниже средних» значений, и составляет в среднем от 3,1 до 5,5%.

С увеличением времени нахождения почв в залежном состоянии отмечено увеличение содержания запасов гумуса (с 3,7 до 5,5% в 20-летней залежи). Исходный пахотный горизонт разделяется на подгоризонты по морфологии и содержанию органического вещества (табл. 1).

Таблица 1

Изменение гумусного состояние постагрогенных почв

Возраст залежи	Гумус, %	Запасы гумуса в слое 0–20 см, т/га	Гуминовые кислоты, % от их суммы			Степень гумификации	Сгк/ Сфк
			1*	2**	3***		
Пашня	3,55	115,0	24,3	64,3	11,3	34,5	1,74
15 лет	3,25	61,6	36,5	33,2	30,3	30,4	0,92
15 лет	3,46	62,5	31,7	31,7	30,6	32,8	0,97
20 лет	5,53	122,4	34,1	33,1	32,7	38,2	1,35
35 лет	8,74	102,9	56,1	12,1	31,4	32,8	0,97
>60	5,05	76,7	37,7	37,5	24,4	38,1	1,49
>60	3,83	49,2	31,4	45,4	22,8	42,9	1,63
>60	5,00	68,3	41,2	27,7	30,9	31,5	1,10

Примечание.

* 1-я фракция гуминовых кислот, «свободных» и связанных с полуторными окислами.

** 2-я фракция гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+}.

*** 3-я фракция гуминовых кислот, прочно связанных с минеральной основой почв.

Запасы гумуса в слое 0-20 см в 15-ти летних залежах характеризуются в основном как низкие (61–62 т/га), в более зрелых залежах – средние (от 102 до 122 т/г). Для остаточно-пойменных почв, находящиеся в залежи более 60 лет характерны низкие запасы гумуса в слое 0–20 см (49–76 т/га).

Степень гумификации органического вещества, т.е. количество гумусовых веществ в составе органического вещества всех изученных залежных почв находится на уровне высоких значений (30–38%).

Во фракционном составе гумуса залежных лугово-бурых почв гуминовые и фульвокислоты находятся практически в равных соотношениях, Сгк/Сфк близко к 1. Гумус имеет гуматно-фульватный состав. В составе гумуса залежных остаточно-пойменных почв доминировали гуминовые кислоты, гумус характеризовался как фульватно-гуматный и гуматный. При нахождении почв в залежном состоянии отмечено сокращение доли серых гуминовых кислот, связанных с Ca2+ по сравнению с их пахотными аналогами. По свойствам органического вещества залежные почвы наиболее близки к своим целинным аналогам и отличаются по ряду показателей от интенсивно используемых в земледелии почв.

Прекращение антропогенного воздействия и зарастание бывших сельскохозяйственных полей естественной растительностью приводит к изменению их структурной организации [7]. Анализ структурного состава бывших пахотных почв показал, что в поверхностном слое содержание макроагрегатов > 5 мм достоверно уменьшается в ряду: пашня (39%) – залежь 15 лет (20%) – залежь 20 лет (6%) – залежь 35 лет (1–2%). В целом в лугово-бурых почвах в агрегатном составе преобладают фракции 1–5 мм (табл. 2).

Таблица 2

Изменение макроагрегатного состава постагрогенных почв

Возраст залежи	Глубина	Размер агрегатов в мм, %							СВД, мм	Кс	АЦА, %
		>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0.5-0.25	<0,25			
Пашня	0–20	16,88	22,20	28,76	16,90	5,66	5,02	4,59	4,85	3,66	0,78
15	0–30	2,78	16,89	32,72	20,65	11,37	8,16	7,40	3,15	8,81	0,89
	30–50	15,54	22,60	30,07	20,45	5,27	2,72	3,35	4,81	4,29	0,81
15	0–10	6,86	15,36	24,45	23,72	14,68	10,58	4,35	3,27	7,92	0,88
	10–30	5,43	15,55	27,03	22,04	11,07	11,22	7,63	3,18	6,65	0,86
20	0–12	0	5,45	24,73	26,50	14,67	11,88	16,75	1,84	4,97	0,83
	12–30	0	13,07	35,86	24,56	10,73	7,63	8,13	2,72	11,30	0,91
35	0–12	0	1,16	8,54	21,92	19,63	21,72	27,02	0,98	2,70	0,73
	12–22	2,68	3,18	18,41	28,48	18,68	14,58	13,97	1,81	5,00	0,83
>60	0–12	3,28	8,49	29,39	26,61	12,26	10,91	9,06	2,57	7,10	0,87
	12–22	18,51	27,36	58,46	39,40	23,03	17,45	15,81	3,49	4,83	0,83
>60	0–12	1,49	27,93	94,45	44,24	14,22	8,73	8,95	3,17	18,16	0,95
	12–22	8,07	19,75	64,91	74,73	21,26	7,32	3,97	2,98	15,62	0,94
>60	0–12	0,98	28,43	81,07	45,96	17,98	14,38	11,22	2,99	15,40	0,94
	12–22	12,71	23,80	52,08	44,02	20,51	15,60	31,28	2,96	3,55	0,78

При естественном зарастании пашни изменяется соотношение мелких и крупных макроагрегатов. Так, с увеличением возраста залежей растет доля почвенных агрегатов, размер которых 0,25–2 мм (с 27,57% на пашне до 63,28% в 35-летней), главным образом, за счет разрушения крупных макроагрегатов.

Максимальное количество агрегатов >10 мм отмечено в почве пашни (16,8%). Видимо, это связано с тем, что корневая система травянистых растений в ходе сукцессии способствует лучшему разрыхлению почвенной массы, по сравнению с ежегодным физическим нарушением структуры почвы при механической обработке (вспашкой).

В остаточно-пойменных почвах отмечается увеличенное количество агрегатов 2-5 мм, по сравнению с лугово-бурыми почвами. Это объясняется высокой степенью гумификации органического вещества остаточно-пойменных почв, и преобладанием в составе гумуса гуминовых кислот (Сгк/Сфк =1,10–1,63), которые способствуют агрегации почвы.

Агрономически ценными считаются агрегаты размером от 0,25 до 10 мм, так как именно они определяют структуру почвы. В пахотном горизонте исследуемых почв количество агрономически ценных агрегатов превышает 70%, что говорит об их отличном агрегатном состоянии. Содержание агрономически ценных агрегатов в бывшем пахотном горизонте 15-летних залежей на 10% выше, по сравнению с почвой, используемой под пашню.

Структура почвы является важным и характерным признаком, имеющим большое значение при определении агропроизводственной характеристики почв. В залежных и пахотных почвах текущего этапа использования структура почв оценивается как «отличная» (Кс>1,50). Максимальное значение Кс отмечено в 15-летних залежах (7,92–8,81). В более зрелых величина Кс ниже, вероятно это связано с расслоением пахотного горизонта и образованием дернового слоя на поверхности.

В зрелых залежах на остаточно-пойменной почве аналогичная зависимость не наблюдается, коэффициент структуры в верхних горизонтах высокий и составляет от 7,10 до 18,16%.

В исследуемых почвах, наряду с увеличением коэффициента структурности в целом отмечается уменьшение средневзвешенного диаметра агрегатов (СВД). Прослеживается четкая зависимость данного показателя от возраста залежи. Так, СВД в пахотном слое 35-летней залежи в 2,5 раза меньше по сравнению с пашней.

Выводы. Таким образом, изъятие земель из сельскохозяйственного использования приводит к постепенному восстановлению их естественной структуры, увеличению содержания гумуса в верхней части почвенной толщи, сокращению доли серых гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+} по сравнению с их пахотными аналогами.

Работа проводилась при поддержке РНФ (проект № 17-76-10011).

Литература

1. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А. и др. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 415 с.

2. Mueller CW, Kögel-Knabner I. Soil organic carbon stocks, distribution, and composition affected by historic land use changes on adjacent sites // Biology and Fertility of Soils. 2009. № 45. P. 347–359.

3. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.

4. Орлов Д.С. Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.

5. Шеин Е.В. Курс физики почв. М.: МГУ, 2005. 432 с.

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1968. 336 с.

7. Караваева Н.А., Денисенко Е.А. Постагрогенные миграционно-мицелярные черноземы разновозрастных залежей Южной лесостепи ЕТР // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1165–1176.

SELF-RESTORATION OF ARABLE SOILS AS A RESULT OF POSTAGROGENIC EVOLUTION IN THE SOUTH OF FAR EAST REGION

M.L. Burdukovskii, I.V. Kiseleva, P.A. Perepelkina, Yu.A. Kosheleva

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of FEB RAS, Russia, Vladivostok, burmaxs@inbox.ru

Summary. *The transfer of fallow lands into arable lands becomes a worldwide trend. This is significant for Russia, and for the Far Eastern region in particular. The study of the aggregate state and the soil organic matter in post-agenogenic soils is becoming popular. These two substantial properties closely associated with each other and commonly considered as key indicators of soil quality. Studies were conducted on the former arable land (15, 20, 35, >60-year old) of the Primorskiy region, Russian Far East. We observed the increase in the humus content, structure coefficient and agronomically valuable aggregates in the upper part of the former arable layer.*

Keywords: *fallow soils, soil structure, soil organic carbon, fulvic acids, humic acids.*

УДК:631.452:631.459

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Э.А. Гаевая

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Россия, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, emmaksay@inbox.ru

Аннотация. *Целью исследования явилось изучение факторов регулирование плодородия почвы в севооборотах различной конструкции, расположенных на склоновых землях Ростовской области. Опыт был заложен в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной до 3,5–4° на черноземе обыкновенный, содержание гумуса при закладке опыта было 3,80–3,83%. Показано, влияние почвозащитных обработок почвы в изменении плодородия черноземов обыкновенных при внесении различных доз органоминеральных удобрений. Изучена роль чистого пара и многолетних трав в предотвращении смыва почвы.*

Ключевые слова: *гумус, плодородие почвы, склон, смыв почвы, продуктивность, обработка почвы.*

Ростовская область – важнейший аграрный регион России: при общей площади территории 100,9 тыс. км^2, сельскохозяйственные угодья занимают здесь 8764,6 тыс. га, в том числе пашня 5632,4 тыс. га. По данным государственного учета из общей площади сельскохозяйственных угодий около 60 % эрозионно-опасные и подвержены водной и ветровой эрозии. Ежегодная убыль гумуса на пашне составляет 0,62 т/га, а в целом по России 81,4 млн. т. Особенно неблагоприятные условия складываются на склоновых землях [1-2].

Для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур необходимо сохранение почвенного плодородия, а также благоприятные физические, физико-химические и агрохимические свойства почв. При внедрении адаптивно-ландшафтных систем земледелия их значение еще больше возрастает. Дифференцированное использование склоновых земель способствует более рациональному применению агротехнических мероприятий и уменьшению антропогенной нагрузки на почву. В условиях контурно-мелиоративной организации территории наблюдается существенная разница между содержанием гумуса в почве при разной антропогенной нагрузке [3-4].

Эрозионные процессы остаются одним из главных источников потерь ресурсов плодородия почвы и как следствие потерь урожая. Эрозия почв является масштабным и вредоносным видом деградации почв. Это связано с ее широким распространением и необратимостью изменений почвенного покрова. Эрозия является одними из наиболее опасных видов деградации, вызывающих разрушение почв и утрату их плодородия. Разрушая плодородный слой почв, наличие которого прямо или косвенно является необходимым условием производства различных видов сельскохозяйственной продукции, почвенная эрозия, подрывает основы благосостояния нынешнего и будущих поколений. Опасность эрозии почв заключается в разрушении верхнего, наиболее плодородного слоя, что влечет за собой уменьшение гумусового слоя почвы и снижение продуктивности земель. Кроме того, эрозия почв способствует развитию оврагов на пахотных землях. Экологическая опасность современной эрозии заключается в том, что на большинстве земель нарушается экологический баланс, вследствие чего падает естественное плодородие почв, идет их деградация [5].

Материалы и методы исследования. Исследования проведены в многофакторном стационарном опыте, расположенном на склоне балки Большой Лог, Аксайского района Ростовской области в 2006–2016 гг. Опыт был заложен в 1986 году в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной до 3,5-4°, с комплексом гидротехнических приемов и простейших сооружений: валов – канав и валов – террас, позволяющих снизить до безопасных пределов сток талой и ливневой воды и смыв почвы. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Мощность $А_{пах}$ – 25–30 см, А+Б – от 40 до 90 см – в зависимости от смытости. Исходное содержание гумуса при закладке опыта в почве было 3,80–3,83%.

В опыте изучали три севооборота, имеющих в структуре посевов различное процентное соотношение чистого пора и многолетних трав: севооборот «А» – чистый пар 20%, многолетние травы 0% (пар, озимая пшеница, озимая пшеница, кукуруза на зерно, ячмень); севооборот «Б» – чистый пар 10%, многолетние травы 20% (пар ½ + горох ½, озимая пшеница, кукуруза на зерно, ячмень, многолетние травы); севооборот «В» – чистый пар 0%, многолетние травы 40% (кукуруза на зерно, озимая пшеница, ячмень, многолетние травы, многолетние травы). Применяли три уровня органоминеральной системы удобрений («0» – естественное плодородие; «1» – навоз КРС 5 т + $N_{46}P_{24}K_{30}$ и «2» – навоз КРС 8 т + $N_{84}P_{30}K_{48}$ на 1 га севооборотной площади и две системы обработки почвы чизельную и отвальную обработку [4].

Содержание общего углерода определяли по методу И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина [6]. Определение смыва и размыва почвы проводили измерением объема водороин по методу В.Н. Дьякова [7].

Результаты исследования. Одним из основных факторов почвенного плодородия является органическое вещество почвы. Длительное применение органических и минеральных удобрений повышает содержание гумуса в почве, которое на черноземных почвах при интенсивном земледелии, но без применения органоминеральных удобрений систематически сокращаются. При закладке полевого стационарного опыта в 1986 г., расположенного на эрозионно-опасном склоне, запас гумуса в слое почвы 0-30 см. колебался в пределах от 136,8 до 137,9 т/га. В результате экстенсивной системы земледелия запас гумуса в пахотном слое почвы сократились на 3,2–12,2 т/га. Внесение в почву органических и минеральных удобрений в дозе: навоз КРС 5 т и $N_{46}P_{24}K_{30}$ позволяет поддерживать слабоположительный баланс гумуса. В севообороте с наличием 40 % многолетних трав в структуре посевных площадей количество гумуса увеличилось на 1,1–2,5 т/га, по сравнению с исходным содержанием. В севообороте «Б», имеющим в структуре посевных площадей 10-ти % поле чистого пара и 20-ти % – многолетних трав, за тридцатилетний период исследований, количество органического вещества почвы сократилось на 1,3–4,3 т/га. В севообороте с 20% чистого пара потери гумуса в пахотном слое составляли 5,5–7,9 т/га, однако внесение удобрений в средних дозах сократило эти потери вдвое, в сравнении с вариантом опыта, где удобрения не вносили.

Увеличение дозы внесения удобрений в полтора раза позволяет поддерживать расширенное воспроизводство почвенного плодородия. В севообороте с 20 % чистого пара количество гумуса в пахотном слое увеличилось по сравнению с исходным на 2,9-4,1 т/га. Сокращение доли чистого пара в два раза и введение в севооборот 20% многолетних трав, незначительно увеличило запас гумуса до 3,4 относительных процента по сравнению с севооборотом «А». Увеличение доли многолетних трав в структуре севооборота до 40% позволило увеличить запас гумуса при внесении органоминеральных удобрений в повышенных дозах (навоз КРС 8 т + $N_{84}P_{30}K_{48}$) до 4,3%, в сравнении с севооборотом с 20% чистого пара и не имеющем в структуре посевных площадей многолетних трав. Сравнение севооборотов с различным соотношением доли многолетних трав показало, что преимущество имеет севооборот с удвоенным полем многолетних трав (7,6–11,2 т/га) (табл. 1).

Севообороты, различные по конструкции и по соотношению культур в структуре посевов имеют различные показатели по смыву почвы. Эти показатели существенно отличаются от аналогичных при сплошном размещении культур на склонах. Различаются они и в изучаемых севооборотах, поскольку в каждом из них соотношение эрозионно-устойчивых и неустойчивых культур (и пара) различно.

В табл. 2 представлены средние данные смыва почвы за две ротации севооборотов. Смыв почвы наблюдался на эрозионно-опасном участке не каждый год. Это зависит от ряда факторов и их сочетания, во-первых, от высоты снежного покрова, во-вторых, от температурного режима холодного периода года, а также интенсивности ливней. При различных сочетаниях этих факторов в иные годы наблюдается интенсивный смыв почвы и сток талых вод, а в отдельные годы смыва и стока не наблюдается или он имеет место в допустимых пределах. Интенсивность ливня, водопроницаемость почвы, а также влагоемкость и количество доступной влаги в пахотном слое, все эти факторы сказываются на количестве смытой почвы.

Таблица 1

Потери гумуса в севооборотах различной конструкции в слое почвы 0–30 см, среднее за 1986–2016 гг., т/га

Период сравнения	Уровень применения удобрений	Севооборот					
		«А»		«Б»		«В»	
		чиз.	отв.	чиз.	отв.	чиз.	отв.
1986	–	137,9	137,9	137,5	137,5	136,8	136,8
2016	0	128,9	125,6	128,5	126,4	133,6	131,8
	1	132,4	130,0	136,3	133,2	139,3	137,9
	2	141,9	140,8	146,7	142,2	148,0	144,4
Прирост/потери	0	–9,0	–12,2	–9,0	–11,2	–3,2	–5,0
	1	–5,5	–7,9	–1,3	–4,3	2,5	1,1
	2	4,1	2,9	9,2	4,7	11,2	7,6

Таблица 2

Смыв почвы в зависимости от конструкции севооборота и обработки почвы, среднее за 2006–2016 гг., т/га

Севооборот	Способ обработки почвы	Смыв, т/га
“А”	Чизельная	3,60
	Отвальная	4,61
“Б”	Чизельная	2,89
	Отвальная	3,80
“В”	Чизельная	2,38
	Отвальная	3,15

В севообороте «А» с 20% полем чистого пара отмечен наибольший смыв почвы с гектара севооборотной площади, который составлял 3,6–61 т/га. Введение в севооборот 20% многолетних трав и уменьшение чистого пара вдвое, позволило сократить смыв почвы на 17,5–19,9%. Увеличение доли многолетних трав до 40% и отсутствие поля чистого пара сократило смыв почвы на 21,8–31,6%.

Применение различных почвообрабатывающих агрегатов на склоне крутизной 3,5–4°, поразному сказывалось на величине смытой почвы. Использование почвозащитных обработок сокращало смыв почвы на 21,8–24,6%, за счет оставления на поле стерневых и пожнивных остатков. Обработка почвы орудиями с оборотом пласта, которые также переворачивает и стерню, оставляя гребни не защищенными, способствует смыву почвы. В свою очередь гребнистая вспашка может задерживать сток воды, но до определенного предела. Потоки воды, движущиеся вдоль по склону, размывают гребни, унося с собой плодородный верхний слой почвы. Это особенно часто наблюдается в период таяния снега, когда верхний слой оттаивает, а нижний ещё остается промерзшим. В результате образовавшаяся масса воды не успевает впитываться, и образующиеся потоки воды стекают вниз по склону по мерзлоталой почве, унося с собой верхний наиболее плодородный слой. Поэтому особенно важно для эрозионноопасного склона в зимний период иметь наибольшее количество площади защищенной посевами культур. И в этом аспекте особенно важно состояние озимых культур, их степень кустистости и развитие корневой системы.

Одним из показателей уровня плодородия, является продуктивность севооборота в целом, которая за годы исследований колебалась в пределах от 2,67 до 4,19 т/зерн.ед. Продуктивность севооборота с удвоенным по площади паровым полем (севооборот «А») в условиях эрозионно-опасного склона уступает по продуктивности остальным севооборотам на 1,4–20,3%. Более высокая продуктивность отмечена в севообороте «В», которая была больше на 1,8–20,3%, чем в севообороте «А» и на 1,7–9,7% – в севообороте «Б» (табл. 3).

Внесение в почву органоминеральных удобрений в дозе навоз КРС 5 т + $N_{46}P_{24}K_{30}$ увеличило урожайность в севообороте «А» на 26,3–26,9%, в севообороте «Б» – на 20,5–21,9% и в севообороте «В» – на 18,4–18,6%. Увеличение дозы внесения удобрений в полтора раза увеличивает продуктивность севооборотов соответственно в среднем на 41,1, 33,8 и 29,1%.

Применение почвозащитной обработки незначительно снижало продуктивность культур севооборотов от 0,3 до 7,4%.

Таблица 3

Продуктивность севооборотов в зависимости от конструкции севооборота, обработки почвы и уровня применения удобрений, среднее за 2006–2016 гг., т/зерн.ед.

Севооборот	Уровень питания	Способ обработки почвы	
		чизельная	отвальная
А	0	2,67	2,69
	1	3,39	3,40
	2	3,81	3,75
Б	0	2,88	2,96
	1	3,51	3,56
	2	3,87	3,94
В	0	3,01	3,24
	1	3,57	3,84
	2	3,88	4,19

Примечание. $НСР_{05}$ в зависимости от конструкции севооборота, уровня минерального питания и обработки почвы – 0,35; 0,33; 0,24 т/га

Таким образом, поддержание плодородия черноземов обыкновенных на исходном уровне в условиях эрозионно-опасного склона Ростовской области возможно при внесении органоминеральных удобрений в дозе 100 кг д.в., введение в севооборот 40% многолетних трав, и применение чизельной обработки. Использование почвозащитной обработки сокращает смыв почвы на 21,8–24,6%. Увеличение дозы органоминеральных удобрений в полтора раза позволяет накопить гумус 4,7–11,2 т/га за тридцатилетний период и получать 3,88–4,19 ц/га зерн.ед продукции.

Литература

1. Балакай Г.Т., Полуэктов Е.В., Балакай Н.И., Бабичев А.Н., Кулыгин В.А., Воеводина Л.А., Юрина Л.И., Тупикин Н.И., Кропина Е.А., Финошин А.Б. Мероприятия по охране почв от эрозии: научный обзор. М., 2010.

2. Танюкевич В.В., Полуэктов Е.В. Влияние робиниевых лесных полос на гумус каштановых почв агролесоландшафтов в ростовской области // Плодородие. 2011. № 4. С. 34–35.

3. Смирнова Л.Г., Лебедева Д.С., Марченко Е.Ю., Пелехоце Е.А. Содержание гумуса в почве эрозионных агроландшафтов в условиях контурно-мелиоративной организации территории // Плодородие. 2011. № 4. С. 26–27.

4. Гаевая Э.А. Воспроизводство гумуса в севооборотах, расположенных на эрозионно-опасных склонах // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (40). С. 27–31.

5. Полуэктов Е.В., Костянская М.Н. Разработка мероприятий по борьбе с эрозионными процессами на примере ООО «Николино» петровского района ставропольского края // Экономика и экология территориальных образований. 2017. № 1. С. 82–86.

6. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 272 с.

7. Дьяков, В. Н. Совершенствование метода учета смыва почв по водороинам // Почвоведение. 1984. № 3. С. 146–148.

REGULATION OF SOIL FERTILITY OF SLOPING LAND IN ROSTOV REGION

E.A. Gaevaya

Federal Rostov agricultural research center, p. Dawn, emmaksay@inbox.ru

Summary. *The aim of the study was to study the factors of soil fertility regulation in crop rotations of various designs located on the slopes of the Rostov region. The experience was laid in the system of contour-landscape organization of the slope to 3.5-4° on ordinary. Ground, the content of humus at the experience was 3.80-3.83 %. Shows the influence of soil treatments the soil in changing the fertility of the black earth the addition of various doses of organic and mineral fertilizers. The role of pure steam and perennial grasses in preventing soil washout has been studied.*

Keywords: *humus, soil fertility, slope, soil washout, productivity, soil treatment.*

УДК 631.445.53

ПЛОДОРОДИЕ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ БАРАБЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ИХ ИЗ ПАШНИ В ЗАЛЕЖЬ

Л.П. Галеева

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, liub.galeeva@yandex.ru

Аннотация. *Установлено, что длительное использование почв солонцового комплекса в пашне зернопарового севооборота с систематическим применением минеральных удобрений, а затем последующее её залужение в течение 20 лет значительно уменьшает содержание легкорастворимых солей и водорастворимого натрия, величину pH, способствует миграции соды глубже 60 см, увеличивает отношение Ca:Mg. Удобрения поддерживают содержание гумуса в верхнем слое, а фосфорные увеличивают его в слое 20-40 см. Залежь обладает высоким эффективным плодородием и может быть вновь вовлечена в пашню.*

Ключевые слова: *плодородие, солонцовые почвы, пашня, залежь, севооборот, минеральные удобрения, легкорастворимые соли, гумус, нитратный азот, легкодоступный и подвижный фосфор, показатель окультуренности.*

Солонцовые почвы в Новосибирской области занимают около 50-80% от площади сельскохозяйственных угодий [1]. Недостаточная материально-техническая обеспеченность сельскохозяйственного производства предполагает более эффективно использовать плодородие почв, созданное ранее в пашне при многолетнем внесении минеральных удобрений, а теперь находящихся в длительной залежи [2].

Цель данных исследований – изучить изменение плодородия почв солонцового комплекса северной лесостепи Барабыпри длительном использовании в пашне, а затем перешедших в залежь. Почвенный покров опытного поля – солонцы чернозёмно-луговые корковые, мелкие, средние и глубокие мало-и средненатриевые в комплексе с лугово-чернозёмными и чернозёмно-луговыми солонцеватыми почвами (ОАО «Кабинетное» Чулымского района Новосибирской области, бывший солонцовый стационар СибНИИЗХим СО РАСХН). В течение 4 ротаций поле использовалось в звене зернопарового севооборота пар-пшеница-овёс-овёс (1980–1995 гг.) с применением минеральных удобрений. Азотные удобрения в виде аммиачной селитры (34% д.в.) вносили во все поля севооборота, кроме пар; фосфорные – в виде двойного гранулированного суперфосфата (42% д.в), калийные – хлористого калия (60% д.в.) и их различные сочетания – ежегодно вразброс перед весенней культивацией. Повторность опыта – 3–4-кратная, площадь делянки 170 м^2 (10×17). Отбор почвенных образцов проводили с двух несмежных повторностей бурением по слоям с интервалом 20 см до глубины 100 см ежегодно, весной – до посева и осенью – перед уборкой. С 1995 г и по настоящее время поле севооборота находится в естественной залежи. В 2005 и 2015 гг. на 2-х несмежных повторностях 8 вариантов опыта (N30, N90, P40, P120, N30P40, N90P120, N90P120K30) до глубины 100 см через 20 см были отобраны, проанализированы почвенные образцы и учтена урожайность естественных трав.

Степень покрытия опытного поля травянистой растительностью в 10-летней залежи (2005 г) составила 70-100%. На 1-ой повторности в составе трав преобладали горошек мышиный (*Vicia cracca* L.) овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) и пырейползучий (*Elytrigia repens* (L.)). На 3-й – отмечено бóльшее видовое разнообразие трав с преобладанием клевера полевого (*Trifolium arvense* L.) и горошка мышиного(*Vicia cracca* L.) с примесью пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.)), тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), костреца безостого (*Asplenium septentrionale)*, овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds), борщевика сибирского (*Heracleum sibiricum* L.), льнянки обыкновенной (*Linaria vulgaris* Mill), мятлика (*Poa pratensis* L.) и щетинника зелёного (*Setaria viridis* (L.)). В вариантах P120 и контроль в составе трав преобладали злаковые разновидности, а в вариантах N30P40 и NPK на злаковые и бобовые разновидности приходилось по 50%. Азотные (N30 и N90), фосфорные в небольших дозах (P40) и азотно-фосфорные удобрения (N90P120) способствовали появлению в составе трав разнотравья – 17–25% (рис. 1).

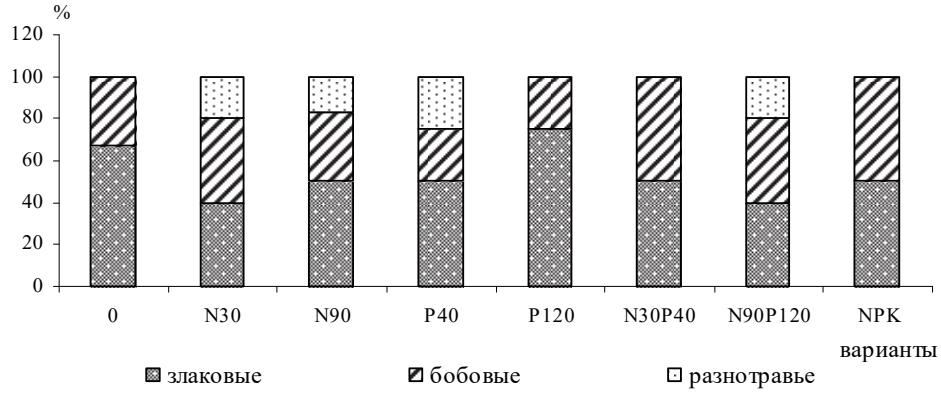


Рис. 1. Влияние последействия минеральных удобрений на видовое соотношение естественных трав залежи почв солонцового комплекса

Динамика состава водной вытяжки почв солонцового комплекса

Год	Вариант	катионы					анионы				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Сумма	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	Сумма
1981г, залежь	исходное	0,17	0,75	0,16	1,89	2,97	0,7	0,95	0,26	1,06	2,97
1992 г, пашня	контроль (без удобрений)	0,30	0,25	0,01	0,25	0,81	0,0	0,46	0,18	0,16	0,81
	N90	0,28	0,21	0,01	0,26	0,76	0,0	0,45	0,17	0,14	0,76
	P120	0,29	0,23	0,01	0,26	0,79	0,0	0,41	0,16	0,22	0,79
	N30P40	0,30	0,25	0,00	0,25	0,80	0,0	0,45	0,15	0,20	0,80
	N90P120K30	0,30	0,22	0,015	0,24	0,77	0,0	0,45	0,16	0,16	0,77
2005 г, залежь	контроль (без удобрений)	0,21	0,21	0,05	0,21	0,68	0,0	0,44	0,13	0,11	0,68
	N90	0,21	0,12	0,04	0,72	1,09	0,0	0,63	0,31	0,15	1,09
	P120	0,18	0,78	0,03	0,31	1,30	0,0	0,28	0,96	0,06	1,30
	N30P40	0,20	0,22	0,02	0,15	0,59	0,0	0,36	0,12	0,11	0,59
	N90P120K30	0,21	0,15	0,07	0,54	0,97	0,0	0,50	0,32	0,15	0,97
2015 г., залежь	контроль (без удобрений)	0,40	0,20	0,10	0,22	0,92	0	0,20	0,50	0,21	0,91
	N90	1,30	1,30	0,08	0,17	2,85	0	0,52	1,20	1,13	2,85
	P120	0,70	0,20	0,04	0,28	1,22	0	0,60	0,34	0,28	1,22
	N30P40	0,40	0,20	0,03	0,08	0,71	0	0,14	0,50	0,07	0,71
	N90P120K30	0,40	0,20	0,06	0,18	0,84	0	0,48	0,26	0,10	0,84

Через 20 лет залужения пашни (2015 г.) поверхность поля была полностью покрыта сплошным войлоком толщиной 10–18 см. Из растительности преобладал пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.)) и небольшими куртинами произрастали клубника (*Fragaria viridis* Duch), единично – тысячелистник (*Achillea millefolium* L.), ковыль (*Stipa capillata* L.), молочай (*Euphorbia*) и осот полевой (*Sonchus arvensis* L.). На 1-й и 3-й повторностях опыта, ранее расположенных ближе к березово-осиновому колку, окружавшему опытное поле, отмечены единичные и группами берёзы (*Betulaalba* L.) высотой 1,0–1,5 м, реже – 3 м и диаметром ствола 7–12 см. Общая площадь, занятая берёзами, составила 10–15% площади поля, свидетельствуя о наступлении леса на бывшую здесь 20 лет назад пашню.

Ранее, нами было установлено, что при использовании почв в пашне в них в 4 раза уменьшалось содержание солей и в 10 раз – водорастворимого натрия, наблюдалась миграция соды глубже 60 см [3]. Отмечено уменьшение pH почвенного раствора со щелочной до слабо щелочной и нейтральной. После перехода пашни в течение 10 лет в залежь содержание солей оставалось в 2–3, а воднорастворимого натрия в 5 раз меньше исходного. В составе солей слоя 0-60 см почвы по-прежнему отсутствовала сода. В 20-летней залежи в катионном составе водной вытяжки увеличивалось содержание кальция, магния и калия и уменьшалось натрия, в анионном – отсутствовали карбонаты, уменьшались гидрокарбонаты и увеличивались хлориды и сульфаты, а сумма солей не изменялась (таблица).

Внесение фосфорных удобрений (Р120) в севообороте в течение 15-ти лет, а затем последующее естественное залужение поля в течение 10 лет увеличивали на 15% сумму обменных оснований, из которой 68% приходилось на обменный кальций. Отношение Ca:Mg возрастало до 1–1,2. В 20-летней залежи сумма обменных оснований и кальция, в том числе, возрастала, а магния – уменьшалась, на долю кальция приходилось 74–78%. Отношение Ca:Mg возрастало до 2,6 и 3,5.

Естественное залужение пашни зернопарового севооборота поддерживало содержание и запасы гумуса в слое 0-20 см всех вариантов опыта и увеличивало их в слоях 0-60 и 0-100 см в вариантах Р120и N30P40.

Систематическое внесение минеральных удобрений в течение 4-х ротаций севооборота не компенсировало вынос азота зерновыми культурами из почвы. При последующем 10-ти и 20-ти летнем залужении почв обеспеченность нитратным азотом соответствовала средней и очень низкой соответственно. Ежегодное внесение фосфорных удобрений на фоне азотных в пашне поддерживало и повышало степень подвижности фосфора (I) не только в пахотном, но и в слое 0-40 см и создавало повышенную и высокую обеспеченность фосфором.

Залужение пашни в течение 10 лет увеличивало, а в течение 20 лет – резко уменьшало содержание легкодоступного фосфора в почве, обеспеченность им была в 2–4 раза ниже оптимальной. Обеспеченность подвижным фосфором (Q) от пашни к залежи изменялась от средней до повышенной и средней. Доля легкодоступного фосфора (показатель окультуренности) резко возрастала в пашне. 10-летнее залужение удобренной пашни (1996–2005 гг.) повышало, а 20-летнее (1996–2015 гг.) – уменьшало долю легкодоступного фосфора в слое 0–20 см, но при этом она была в 2-4 раза выше исходной.

Следовательно, 20-летняя залежь, используемая ранее в систематически удобряемой пашне зернового севооборота, обладает высоким эффективным плодородием и может быть вновь вовлечена в пашню.

Литература

1. Семендяева Н.В. Свойства солонцов Западной Сибири и теоретические основы химической мелиорации / ред. А.Н. Власенко. Новосибирск, 2002. 157 с.

2. Галеева Л.П. Гумусовое состояние и продуктивность почв солонцовых комплексов Барабы в фитоценозе пашня-залежь // Вестник НГАУ. 2015. № 4. С. 74–81.

3. Галеева Л.П. Изменение свойств почв солонцовых комплексов Барабы при переходе их из пашни в залежь // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с зарубежным участием научной конференции. Белгород, 2016. Ч. I. С. 60–61.

THE FERTILITY OF SODIC SOILS BARABY WHEN MOVING THEM FROM THE ARABLE LAND IN THE RESERVOIR

L.P. Galeeva

Novosibirsk state agrarian University, Novosibirsk, liub.galeeva@yandex.ru

Summary. *It was shown that prolonged use of soils of solonetz complex in the cultivation of grain fallow rotation with systematic application of fertilizers, and then the subsequent grassing over 20 years significantly reduces the content of soluble salts and water-soluble sodium, pH value, contributes to the migration of the soda deeper than 60 cm, increases the ratio of CA:MD. Fertilizers maintain the humus content in the upper layer, and the phosphorus increase in the layer of 20-40 cm the Deposit has a high effective fertility and could be involved in cultivation.*
Keywords: *fertility, saline soils, arable land, Deposit, crop rotation, mineral fertilizers, easily soluble salts, humus, nitrate nitrogen, easily accessible and mobile phosphorus, crop index.*

УДК. 631.84

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ЛУГОВО-ЛЕСНЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Р.Х. Гейдарова, А.А. Алиева

Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана, Баку,
heyderova435@gmail.com

Аннотация. *Использование местных отходов Шеки-Закатальской зоны в качестве органических удобрений способствует повышению плодородия аллювиальных лугово-лесных почв, улучшению питательного режима, а также сохранению экологического равновесия. Положительно влияет на урожайность и качественные показатели зерна озимой пшеницы, т.е. создает возможность получения высоких урожаев.*
Ключевые слова: *органические отходы, Шеки-Закатальская зона, аллювиальные лугово-лесные почвы, плодородие, урожайность озимой пшеницы.*

Актуальность. Проведенные за долгие годы научные исследования показали, что распространенные в Республике органические отходы и остатки после их повторной переработки можно использовать в качестве удобрений. При этом повышается плодородие, увеличивается количество питательных элементов в почвах и улучшаются, их агрофизические свойства. Долголетними исследованиями установлено, что в Шеки-Закатальской зоне Азербайджана содержится 1,5 млн т органических отходов и остатков, загрязняющих экологию окружающей среды, которые после их переработки можно использовать в качестве удобрений. К таким отходам и остаткам относятся: различные бытовые отходы, остатки и ботва с/х растений, подстилка и опад насаждений грецкого ореха, фундука и каштана, очистной ил водоемов и прудов, куриный помёт, различные виды навоза [1]. Эти отходы можно переработать методом биоконверсии и использовать как органические удобрения, которые способствуют в первую очередь повышению плодородия почвы, служат источником обильного энергетического материала для развития почвенной микрофлоры, способствуют повышению содержания гумуса в почве, улучшают снабжение корней растения водой, воздухом и питательными элементами, активизируют микробиологические процессы, улучшают структуру почвы, способствуют сохранению экологического равновесия [2].

Объект и методы исследования. На базе имеющихся в Закатальском районе отходов, приготавливают компост «Закатала», в составе которого имеется 32–35% органического вещества, 1,3–1,6% азота и фосфора, а также 0,9–1,0% калия. На основании показателей стандартизации этот компост возможно использовать под с/х культуры, как ценное органическое удобрение [3, 4].

Для определения источников запаса органических отходов и остатков, изучения эффективности применения новых органических удобрений, решения продовольственной проблемы населения путем производства экологически чистых продуктов, а также увеличения урожайности пшеницы в фермерском хозяйстве «Бунуд» Габалинского района, в условиях аллювиальных лугово-лесных почв проведены полевые опыты по применению навоза, растительных остатков, компоста «Закатала» и минеральных удобрений под озимую пшеницу сорта «Безостая-1». Опыты поставлены на 7 вариантах, в 4-кратной повторности, площадь каждой делянки составила 100 м^2.

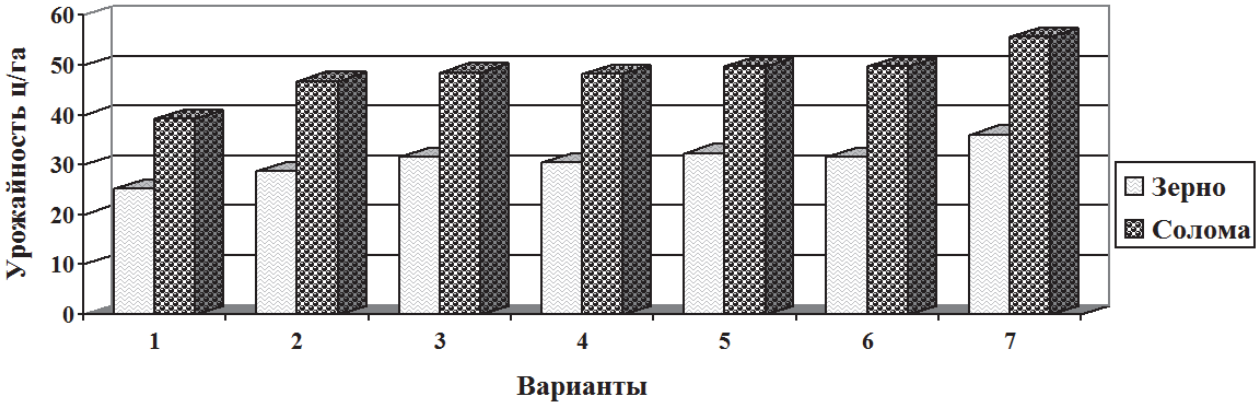
В почву вносились следующие удобрения: навоз в полуперепревшем виде от крупного рогатого скота (КРС), который содержит 0,54% общего азота, 0,28% P_2O_5, 0,60% K_2O, 21% органического вещества; компост «Закатала» – 32–35% органического вещества, 1,3% азота, 1,6% фосфора и 1,0% калия; растительные остатки – опад насаждений грецкого ореха, фундука, каштана, остатки и ботва с/х растений. Минеральные удобрения: аммиачная селитра-34% (N), простой суперфосфат – 18% P_2O_5, сернокислый калий – 45% K_2O. Удобрения вно-

сились согласно агроправилам: органические (навоз, компост, растительные остатки), фосфорные, калийные – в осенне-зимний период, азотные – ранней весной перед посевом.

Обсуждение результатов. Во время опытов изучено влияние органических и минеральных удобрений, применяемых под озимую пшеницу сорта «Безостая-1» на динамику питательных веществ в почве по фазам развития растений. По результатам проведенных почвенных анализов в слое 0–40 см, в фазе выхода в трубку в варианте внесения минеральных удобрений в дозе N50P25K60 + 10 т/га компоста «Закатала» количество аммиачного азота по сравнению с контрольным вариантом увеличился на 20,7 мг/кг, а нитратного азота на 12,9 мг/кг, количество подвижного фосфора на 16,3 мг/кг. Содержание обменного калия в этой же фазе и в варианте N50P25K60 +10 т/га компоста «Закатала» составило 290 мг/кг, что на 90 мг/кг больше контрольного варианта.

В фазе полного созревания растений количество питательных веществ в почве уменьшилось до минимума. Уменьшение количества питательных веществ в почве в конце вегетации связано с усвоением их озимой пшеницей.

Изучалось влияние различных форм и доз органических и минеральных удобрений в отдельности и совместно на урожайность озимой пшеницы (рис. 1).



1. Контроль (без удобрений)
2. Навоз 20т/га
3. Компост «Закатала» 20 т/га
4. Растительные остатки 20 т/га
5. Навоз 10 т/га + растительные остатки 10 т/га
6. $N_{100}P_{50}K_{120}$(эквивалентно 20 т навоза)
7. $N_{50}P_{25}K_{60}$ + 10т/га компоста «Закатала»

Рис. 1. Влияние разных вид и доз органических и минеральных удобрений на урожай зерна и соломы озимой пшеницы

Как видно из графика, при внесении под озимую пшеницу 20 тонн навоза урожай зерна (в среднем за 3 года) увеличился по сравнению с контрольным вариантом на 3,5 ц/га (или на 13,9%). При внесении 20 тонн компоста «Закатала» прибавка составила 6,3 ц/га (25,0%), а при варианте применения 20 тонн растительных остатков – 5,3 ц/га (21,0%). В варианте N100P50K120 прибавка урожая зерна в среднем за 3 года составил 6,3 ц/га (25,0%). При применении N50P25K60+10т/га компоста «Закатала» под озимую пшеницу прибавка урожая зерна составил 10ц/га (42,9%), а соломы-16,4 ц/га (41,8%).

В ходе исследований изучено также влияние органических и минеральных удобрений на качество зерна озимой пшеницы. Основной показатель качества содержание белка в зерне в варианте применения минеральных удобрений в дозе N100P50K120 составил 11,40%, в варианте 10т/га компоста «Закатала»+N50P25K60-11,97%, разница которых по сравнению с вариантом без удобрений составила соответственно 2,28% и 2,85%.

На основе исследований можно утверждать, что применение органических и минеральных удобрений под озимую пшеницу, улучшает питательный режим почв и обеспечивает получения высокого и качественного урожая пшеницы.

Выводы. Для повышения плодородия почвы и получения высокого и качественного урожая озимой пшеницы в условиях аллювиальных лугово-лесных почв Шеки-

Закатальской зоны рекомендуется внесение каждый год 10 т/га компоста «Закатала» и минеральных удобрений в дозе N50P25K60. Если на больших территориях применение компоста «Закатала» под озимую пшеницу окажется недостаточным, то рекомендуется внесение 10 т/га навоза + 10 т/га растительных остатков.

Литература

1. Гейдарова Р.Х. Утилизация органических отходов и остатков в условиях лугово-лесных почв // Экоэнергетика. 2006. № 1. С. 34–35.

2. Денисов В.В., Лозановская И.Н., Луганская И.А. и др. Экология. Ростов на Дону: МарТ, 2002. 640 с.

3. Заманов П.Б. и др. Рекомендация по технологии приготовления и агрохимические основы применения местных отходов в качестве органических удобрений для поднятия плодородия почв и улучшения экологии. Баку, 1991. С. 26–30.

4. Заманов П.Б. Повторная переработка распространенных в Азербайджане органических отходов, получение на их основе новых видов удобрений и их эффективность под с/х растения. Баку : Элм, 1999. С. 339–347.

INCREASE OF FERTILITY OF ALLUVIAN MEADOW-FOREST SOILS WITH USE OF LOCAL ORGANIC WASTES

R.Kh. Heydarova, A.A. Aliyeva

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, heyderova435@gmail.com

Summary. *The use of local wastes of the Sheki-Zagatala zone as organic fertilizers increases the fertility of alluvial meadow-forest soils, improves the nutrient regime, and maintains ecological balance. Positively affects the yield and quality indicators of the grain of winter wheat, that's creates the possibility of obtaining high yields.*

Keywords: *organic waste, Sheki-Zagatala zone, alluvial meadow-forest soils, fertility, winter wheat yield.*

УДК 631.425.4:631.4

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ЧЕРНОЗЕМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ

Н.С. Горбунова[1], Е.В. Куликова[2]

[1] Воронежский государственный университет, Воронеж, vilian@list.ru
[2] Воронежский государственный аграрный университет, Воронеж, melior-agronomy@inbox.ru

Аннотация. *Орошение является одним из основных типов мелиорации земель, наиболее часто используемом в районах с неустойчивым увлажнением. Орошение почв приводит к изменениям в их морфологическом строении, физических, физико-химических и химических свойствах. Количество гумуса в пахотных почвах уменьшается по отношению к залежи, вследствие повышенной минерализации органического вещества, а в орошаемых черноземах – в результате процессов его перераспределения.*

Ключевые слова: *мелиорация, орошение, чернозем выщелоченный, минерализация воды, гранулометрический состав, гумус, обменные катионы.*

Актуальность. Вопрос орошения почв в мелиоративном почвоведении изучен достаточно полно. Подробно рассматривается влияние орошения на режим грунтовых вод и их химизм. Значительно меньшее внимание уделено процессам, проявляющимся в незасоленных почвах. Рядом исследователей установлено, что поливы пресной водой гидрокарбонатно-кальциевого состава, на фоне высокой агротехники, обусловливают поддержание благоприятных природных свойств почв, а преобладающей тенденцией их развития можно считать олуговение [1–4]. Важной особенностью орошаемого земледелия является изменение гумусного состояния почв. Происходит усиление минерализации органического вещества и безвозвратный вынос его с урожаем сельскохозяйственных культур. Поэтому целью настоящее работы было изучение направленности изменений гумусного состояния орошаемых почв, а также их генетических преобразований на примере незасоленных черноземов выщелоченных.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования послужили черноземы выщелоченные среднемощные мало- и среднегумусные тяжелосуглинистые расположенные на территории хозяйства ООО «Тербуны-Агро» (Хлевенский район, Липецкой области). Почвообразующими породами являются покровные карбонатные тяжелые суглинки и глины. Исследования проводились на трех участках. Первый участок представлен черноземами выщелоченными под естественной растительностью (залежь), второй – пашня без орошения, третий участок – орошаемые черноземы выщелоченные (площадь около 250 га). Орошение производится в течение 15 лет дождевальными установками «Фрегат» по типу радиального полива. Оросительная норма – 250 $м^3$/га.

На каждом участке закладывались полнопрофильные почвенные разрезы, вскрывающие почвообразующую породу. Отбор почвенных образцов проводился послойно, через каждые 10 см. В почвенных образцах определялись гранулометрический состав, pH водной вытяжки, гидролитическая кислотность, обменные Ca^{2+} и Mg^{2+}, содержание гумуса по общепринятым методикам [5]. Химическому анализу подвергалась и поливная вода. Отбор проб воды проводился в течение вегетационного периода, в трехкратной повторности. Определялась ее общая минерализация и ионный состав – HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, рассчитано отношение катионов Ca^{2+}/Mg^{2+}.

Обсуждение результатов. Вода, используемая хозяйством для орошения полей, обладает благоприятными химическими характеристиками для орошения всех сельскохозяйственных культур. По степени минерализации поливная вода относится к пресным, поскольку содержание солей в плотном остатке составляет 0,4 г/л (табл. 1). Величина плотного остатка, согласно группировке природных вод. Ионный состав поливной воды можно охарактеризовать как гидрокарбонатно-кальциевый.

Таблица 1

Степень минерализации и ионный состав солей воды, используемой для орошения

Степень минерализации, г/л	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	Ca^{2+}/Mg^{2+}
	мг-экв/л						
0,4	3,1	0,8	0,9	2,6	1,0	1,1	2,6

Длительное орошение черноземов выщелоченных привело к значительным изменениям морфологических показателей, что отразилось на изменении мощности гумусового горизонта (А + АВ) величина которого увеличилась на 10–13 см (по сравнению с богарными черноземами). Важным является и то, что характер перехода границ между горизонтами изменился с постепенного на заметно размытые. Данное явление отмечается и в ряде других работ [2, 3, 4].

Анализ данных гранулометрического состава черноземов показал, что преобладающими фракциями являются крупная пыль и ил, которые в сумме составляют более 65 %, что характеризует почвы как тяжелосуглинистые. Далее в порядке убывания идут: тонкая пыль > средняя пыль > мелкий песок > песок. Распределение ила в черноземах выщелоченных характеризуется постепенным и однонаправленным увеличением его с глубиной почвенного профиля (табл. 2).

Таблица 2

Физические и физико-химические свойства изучаемых почв (средние величины)

Глубина, см	n	pH водный	Обменные катионы				Фракция ила <0,001 мм, %
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	$Hг^+$	
			смоль(экв)/кг				
Чернозём выщелоченный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (залежь)							
0–10	5	6,6	36,8	5,4	42,2	1,3	28,7
20–30	5	7,0	36,0	5,2	41,2	1,0	29,2
40–50	5	7,1	35,4	4,8	40,2	0,5	30,1
60–70	5	7,4	34,8	4,5	39,3	0,2	33,4
80–90	5	8,0	32,1	4,2	36,3	–	35,8
100–110	5	8,1	31,5	4,0	35,5	–	36,1
120–130	5	8,2	30,4	4,1	34,5	–	37,2
140–150	5	8,2	29,8	4,0	33,8	–	38,8
Чернозём выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (неорошаемая пашня)							
0–10	5	6,1	35,8	5,6	41,4	2,0	24,3
20–30	5	6,9	33,0	5,2	38,2	1,3	25,5
40–50	5	7,2	31,9	4,8	36,7	0,4	26,7
60–70	5	7,3	30,4	4,4	34,8	0,2	27,8
80–90	5	7,9	29,2	4,3	33,5	–	28,2
100–110	5	8,1	25,0	4,1	29,1	–	31,5
120–130	5	8,3	24,8	4,0	28,8	–	34,8
140–150	5	8,3	24,6	3,9	28,5	–	32,3
Чернозём выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (орошаемая пашня)							
0–10	5	5,8	31,4	5,4	36,8	3,4	26,1
20–30	5	6,0	30,9	5,3	36,2	2,3	28,6
40–50	5	6,5	29,8	5,1	34,9	1,5	29,8
60–70	5	6,9	25,4	4,9	30,3	1,0	30,4
80–90	5	7,5	24,7	4,3	29,0	–	32,5
100–110	5	8,0	22,6	3,8	26,4	–	34,3
120–130	5	8,2	21,5	3,2	24,7	–	35,1
140–150	5	8,3	20,1	3,0	23,1	–	36,0

По сравнению с черноземами залежных участков, в пахотных горизонтах неорошаемых черноземов отмечается их обезиливание. Б.Г. Розанов (2004) данное явление связывает с пахотно-иллювиальным перераспределением илистых частиц в длительно распахиваемых черноземах. Об этом свидетельствует и увеличение илистой фракции в нижней части гумусовой

толщи этих почв. В орошаемых черноземах по сравнению с богарными почвами отмечается увеличение содержания ила в верхнем 0–10 см слое, вероятно за счет дополнительного внесения его с оросительными водами, а также в нижних слоях за счет более интенсивного внутрипочвенного перераспределения и, возможно, оглинивания, вызванного изменением водного режима в условиях орошения.

Таблица 3

Статистические показатели содержания гумуса (%) в черноземах выщелоченных при различном сельскохозяйственном использовании

Глубина, см	n	$\overline{x} \pm s_{\overline{x}}$	min	max	V, %
Чернозём выщелоченный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (залежь)					
0–10	5	7,27±0,13	6,8	7,9	5,50
20–30	5	5,82±0,12	5,1	6,3	6,36
40–50	5	3,87±0,14	3,1	4,5	11,6
60–70	5	2,21±0,06	2,0	2,5	8,14
80–90	5	1,25±0,08	1,0	1,5	15,2
100–110	5	0,80±0,06	0,6	1,0	17,5
120–130	5	0,25±0,05	0,2	0,3	18,0
140–150	5	0,10±0,01	0,1	0,1	10,0
Чернозём выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (неорошаемая пашня)					
0–10	5	5,81±0,10	5,3	6,2	14,1
20–30	5	5,22±0,13	4,8	5,9	12,9
40–50	5	3,37±0,08	3,0	3,7	8,48
60–70	5	2,15±0,04	2,0	2,4	8,48
80–90	5	1,42±0,13	1,0	1,8	15,7
100–110	5	0,57±0,08	0,4	0,9	20,0
120–130	5	0,35±0,05	0,3	0,4	15,0
140–150	5	0,15±0,05	0,1	0,2	10,0
Чернозём выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (орошаемая пашня)					
0–10	5	5,61±0,24	4,8	7,3	5,68
20–30	5	4,47±0,18	3,9	5,9	7,85
40–50	5	3,42±0,09	3,0	3,8	7,12
60–70	5	2,24±0,06	2,0	2,5	6,51
80–90	5	1,27±0,08	1,0	1,5	12,6
100–110	5	0,73±0,07	0,5	0,9	15,1
120–130	5	0,40±0,10	0,3	0,5	20,0
140–150	5	0,10±0,01	0,1	0,1	16,6

Примечание. n – количество образцов; $\overline{x}$ – среднее арифметическое; $s_{\overline{x}}$ – ошибка среднего арифметического; min – минимальное содержание; max – максимальное содержание; V – коэффициент вариации, %.

В результате и распашки, и орошения происходит подкисление pH почвенного раствора (табл. 2), возможно вследствие более интенсивно протекающих процессов выщелачивания карбонатов. Очевидно, что с этим процессом связано и увеличение обменного водорода при орошении. Так в пахотных черноземах выщелоченных на долю поглощенного водорода приходится до 2,0 смоль(экв)/кг почвы, тогда как в орошаемых количество его возрастает до 3,4 смоль(экв)/кг почвы. Кроме того, в орошаемых черноземах обменный водород проникает в более глубокие слои почвенного профиля и достигает глубины 70-80 см по сравнению с залежными участками. В почвах залежного участка величина гидролитической кислотности наименьшая и составляет – 1,3 смоль(экв)/кг почвы (табл. 2).

Максимальное содержание обменного Ca^{2+} отмечается в верхнем 0-10 см слое залежи (36,8 смоль(экв)/кг почвы). Далее в убывающем ряду следуют: чернозем неорошаемый (35,8 смоль(экв)/кг почвы) и чернозем орошаемого участка (31,4 смоль(экв)/кг почвы, табл. 2). Аналогичный характер изменения мы отмечали в содержании органического вещества, что

подчеркивается и другими авторами. Вниз по профилю происходит закономерное снижение содержание обменного Ca^{2+} и в нижних слоях его количество составляет 20-30 смоль(экв)/кг почвы. Поведение обменного Mg^{2+} в почвах отличается от катионов Ca^{2+} практически одинаковым его содержанием в профиле изучаемых почв (табл. 2).

Черноземы выщелоченные залежного участка в верхнем 0–10 см слое в среднем содержат 7,27% гумуса при максимальном содержании 7,9%, а минимальном – 6,8% и характеризуются как среднегумусные (табл. 3). В результате распашки происходит уменьшение содержания гумуса, поскольку в черноземах выщелоченных пашни длительное время происходит минерализация органического вещества, потери которого не компенсируются послеуборочными растительными остатками, органическими и минеральными удобрениями. Черноземы характеризуются как малогумусные. В результате орошения также происходит уменьшение содержания гумуса (табл. 3), что вероятно связано с перераспределением органического вещества в профиле почв при орошении. На это указывает заметно большее содержание гумуса в слоях 40–50 и 60–70 см в орошаемом черноземе, по сравнению с неорошаемым (табл. 3).

Данное явление отмечал Д.И. Щеглов в ряде почв черноземного ряда [4]. Профильное распределение гумуса черноземов при различном сельскохозяйственном использовании характеризуется очень постепенным снижением его с глубиной и минимальным содержание в почвообразующей породе (слой 140–150 см). В результате распашки происходит уменьшение содержания гумуса.

Заключение. Исследуемые черноземы выщелоченные характеризуются тяжелосуглинистым гранулометрическим составом с преобладанием фракций крупной пыли и ила. В профильном распределении илистых частиц отмечается накопление их с глубиной. При распашке черноземов происходит пахотно-иллювиальное перераспределение илистых частиц и обезиливание. Под действием орошения происходит некоторое увеличение ила возможно за счет дополнительного привноса его с оросительными водами.

Орошение почв приводит к изменению их морфологического строения, так отмечается растянутость гумусового профиля, границы переходов между горизонтами становятся нечеткими и размытыми.

Подкисление пашни (орошаемого и неорошаемого участков) связанно с более интенсивными процессами выщелачивания карбонатов, которые усиливаются при сельскохозяйственном использовании почв. С этим же процессом связано увеличение обменного водорода при орошении.

Распашка черноземов приводит к уменьшение содержания гумуса, поскольку в пахотных почвах происходит усиленная минерализация и безвозвратная потеря органического вещества, что не компенсируются послеуборочными растительными остатками, органическими и минеральными удобрениями. В результате орошения помимо минерализации, происходит перераспределение органического вещества в профиле черноземов с заметной потерей в верхних слоях.

Литература

1. Ахтырцев Б.П. Влияние орошения на почвообразование и свойства черноземов в Среднерусской степи // Агропочвоведение и плодородие почв: Тез. докл. всесоюз. науч. конф. Почвообразование в условиях интенсивного мелиоративного воздействия. Л., 1986. С. 49.

2. Лозовский П.С. Мониторинг гумусового состояния почв Ингулецкой оросительной системы // Почвоведение. 2012. № 3. С. 336–349.

3. Стома Г.В., Розов С.Ю., Суханова Н.И. Использование показателей цветности гумусовых горизонтов в качестве индикаторов эволюционного изменения степных почв Заволжья при орошении // Почвоведение. 2015. № 5. С. 515–526.

4. Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. М.: Наука, 1999. 214 с.

5. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: МГУ, 1998. 272 с.

INFLUENCE OF IRRIGATION ON HUMUS CONTENT IN CHERNOZEMS LEACHED

N.S. Gorbunova[1], E.V. Kulikova[2]

[1] Voronezh state university, Voronezh, vilian@list.ru
[2] Voronezh state agricultural university, Voronezh, melior-agronomy@inbox.ru

Summary. *Irrigation is one of the main types of land reclamation, most often used in areas with unstable moisture. Irrigation of soils leads to changes in their morphological structure, physical, physico-chemical and chemical properties. The amount of humus in arable soils decreases with respect to the deposit, due to increased mineralization of organic matter, and in irrigated chernozems – as a result of the processes of its redistribution.*

Keywords: *Melioration, irrigation, leached chernozem, a mineralization of water, textural composition, humus, exchange ion.*

УДК 631.632.95

ВЛИЯНИЕ КОМПОСТА ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ МЕСТНЫХ ОТХОДОВ НА СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В РАСТЕНИЯХ

К.И. Дамирова

Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана, Баку,
organic-fertilizer@bk.ru

Аннотация. *Агрохимические основы получения качественного урожая заключается в обеспечении оптимальных условий минерального питания растений. Для этого необходимо достаточное внесение в почву органических удобрений изготовленных из промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов способствующих образованию в доступной форме питательных элементов для растений и гумуса в почве.*
Ключевые слова: *плодородие, питательные элементы, удобрения.*

Актуальность. Поднятие эффективности использования производственного потенциала в агропромышленном комплексе является одной из важнейших задач. Речь идет в первую очередь о повышении плодородия почв, создании условий устойчивого ведения сельского хозяйства. При правильном применении агротехники, необходимо рационально использовать органические удобрения. Роль органических удобрений в интенсификации сельского хозяйства огромна, поэтому необходима разработка наиболее рациональных приемов применения органических удобрений, которые дадут возможность с наименьшими затратами труда и средств получать высокие и с хорошим качеством урожай различных сельскохозяйственных культур, в том числе овощей [1].

Объекты и методы исследования. Основной целью наших исследований явилась разработка научно-обоснованных приемов повышения урожайность и качества томата, повышать плодородие почв при применение компоста «Губа-Хачмаз» в условиях лугово-лесных почв Хачмазского района Азербайджана. Губа-Хачмазская зона отличается от остальных зон республики более холодным и менее влажным климатом. В Азербайджане Э.М. Шихлинский отмечает, что имеются 8 основных климатических типов и его 26 отдельных разновидностей, из которых 2 типа встречается в зоне Губа-Хачмазского массива. Климат района по определению Фигуровского И.В. относится к субтропическому, среднеземноморскому типу [2].

Компосты широко применяются в овощеводстве и садоводстве. Эффективность компостов близки к навозу [1]. В задачу исследования входило изучение агрохимических свойств лугово-лесных почв, установление эффективности внесения компоста под томат. При этом изучали накопление питательных веществ в почве и качественные показатели под действием компоста. Повышенное содержание элементов питания, в растениях томата создающееся внесением в почву удобрений, способствует и формированию хорошего качества урожая. Перед внесением в почву органических удобрений брали пробы из компоста для определения содержания питательных элементов [2]. Компост «Губа-Хачмаз» состоит: 50% навоза, 10% птичий помет, 13% бытовые отходы, 10% отходы консервного завода, 10% ботва сельскохозяйственных растений, 1% суперфосфат, 0,8% аммоний-сульфат, 5% известь. Химический состав компоста «Губа-Хачмаз»: азот 1,4%, фосфор 0,88%, калий 1,46%. Почва опытного участка лугово-лесная. Нами изучалась динамика питательных элементов в почве под томат.

Обсуждение результатов. При применении 20 т/га компоста «Губа-Хачмаз» значительно увеличивается количество доступных форм азота по сравнению с контрольным вариантом без удобрений. Так, содержание суммы доступных форм аммиачного и нитратного азота в почве в слое 0–20 см в варианте 20 т/га компоста составляло: в период бутонизации 30,8мг/кг, в период цветения 32,5мг/кг, в конце вегетации 25,5 мг/кг, в контрольном варианте эти показатели соответственно равнялись 30,0; 25,5; 17,5 мг/кг. Аналогичные данные наблюдались и по увеличению содержания водорастворимого гумуса. При внесении 20 т/га компо-

ста на глубине 0-20 см в период бутонизации было на 30,5 мг/кг, в период цветения на 10,5мг/кг, в конце вегетации на 9,5 мг/кг выше по сравнению с контрольным вариантом без удобрений. Перед нами была поставлена задача изучить, динамику подвижной формы фосфора и обменного калия под влиянием компоста. При применении 20 т/га компоста в слое 0–20 см содержание подвижных форм фосфора в период бутонизации увеличивается на 5,4 мг/кг, в период цветения на 4,1 мг/кг, в конце вегетации на 3,0 мг/кг по сравнению с контролем. При внесении 20 т/га компоста обменных форм калия увеличивалось в слое 0–20 см в период бутонизации на 70,5 мг/кг, в период цветения на 55,0 мг/кг, в конце вегетации на 40,5мг/кг по сравнению с контролем. Влияние компостов на качественные показатели и урожай томата приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние компоста «Губа-Хачмаз» на качественные показатели и урожайность томата на лугово-лесных почвах

№	Показатели	Без удобрения	Компост 20 т/га
1	Созревание плодов томата, день	110–120	100–105
2	Рост растений, см	40–56	70–76
3	Количество плодов, шт.	6–11	12–15
4	Сухое вещество	6,5–6,6	7,0–7,6
5	Аскорбиновая кислота, мг-%	18,6–19,0	19,2–19,6
6	Нитраты, мг/кг	60–80	54–60
7	Урожай, ц/га	313–320	393–400
8	Вынос питательных веществ на 100ц. товарной продукции томата	33,0 11,0 44,0	39,0 12,0 50,0

Изучение суммарного выноса питательных веществ с целью установления связи между плодородием почвы урожаем сельскохозяйственных культуры интересовал исследователей. Вместе с ростом урожая возрастают общие размеры выноса элементов питания растениями, при этом одновременно увеличивается и количество выносимых органических удобрений в хозяйствах. Анализ приведенных данных показывает, что органические удобрения играют значительную роль в накопление азот а, фосфора и калия. Как показали многочисленные опыты, соотношение азота, фосфора и калия в различных органах томатов имеет довольно определенную величину и мало зависит от вносимых удобрений.

Рубин Б.А. считает, что наиболее интенсивно идет поглощение растениями элементов, входящих в мобильные соединения [4]. Это азот и фосфор.

Результаты анализов по изучению влияния компоста изготовленных из местных отходов на накопление и вынос NPK в подземной части растений томата приведены в табл. 2.

Вместе с тем, целым рядом работ показана прямая связь между уровнем обеспеченности растительного организма теми или иными элементами минерального питания с интенсивностью процессов биосинтеза в нем, следствием чего является некоторое повышение процентного содержания этих элементов в различных органах.

Коэффициент использования питательных элементов из удобрений изменяются от вида, формы, дозы, сроков и способов внесения удобрений. Общеизвестно, что для получения равных урожаев одной культуры на бедной почве нужно значительно больше удобрений, чем на богатой. Следовательно, меньшее количество удобрений, на плодородной почве значительно полнее используются культурой, чем на бедной.

Необходимо подчеркнуть, что наибольший вынос питательных элементов растениями и урожаем наблюдался в варианте, где внесено 20 т/га компоста. Коэффициент использования питательных элементов из удобрений изменяются от вида, формы, дозы, сроков и способов внесения удобрений [3]. Известно, что значительно больше удобрений, полнее используются культурой на неплодородной почве, чем на плодородной. Установлено, что в варианте 20 т/га компоста «Губа-Хачмаз» с каждыми 100 ц урожая выносится из почвы азота – 44 кг, фосфора – 16 кг, калия – 71 кг. В контрольном варианте эти показатели соответственно равнялись: 38, 11; 50кг. Наши исследования показали, что внесение компоста значительно влия-

ло на коэффициент использования питательных элементов. При внесении 20 т/га компоста коэффициент использования питательных элементов из удобрений равнялся азот – 35,43%; фосфор – 25,89%, калий – 57,57%.

Таблица 2

Влияние различных отходов на накопление и вынос NPK в надземной части растений томата

Варианты опыта	Органы растений	Масса раст. ц/га	Азот (N)		Фосфор (P_2O_5)		Калий (K_2O)	
			%	всего кг/га	%	всего кг/га	%	всего кг/га
Контроль (б/у)	Листья	3,60	2,46	8,86	0,46	1,66	2,6	9,36
	Стебли	9,60	1,85	17,74	0,25	2,40	2,4	23,04
	Плоды	313,3	0,30	93,98	0,10	31,33	0,4	125,32
	Всего:	326,5	0,37	120,58	0,11	35,39	0,48	157,72
Компост 20т/га	Листья	3,80	2,80	10,64	0,48	1,82	2,0	7,60
	Стебли	10,10	1,94	19,59	0,28	2,83	2,8	28,28
	Плоды	411,8	0,34	140,01	0,13	53,53	0,5	205,9
	Всего	425,7	0,40	170,24	0,13	58,18	0,56	241,78

Выводы. Внесение компоста «Губа-Хачмаз» изготовленного из местных органических отходов, которые загрязняют экологию окружающей среды, способствовало увеличению накоплению минеральных форм питательных элементов в почвах Губа-Хачмазской зоны. Органические удобрения способствуют увеличению содержания питательных элементов в надземной части растений. При применении компоста значительно улучшается рост и развитие растений томата, интенсивно идет фаза цветения, увеличивается количество плодов, масса их на одном растении.

Литература

1. Борисов В.А. Удобрение овощных культур. М.: Колос, 1978, 188 с.
2. Заманов П.Б. Удобрение табака в Азербайджанской ССР: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. 1978. 25 с.
3. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. М., 1963. 591 с.
4. Овощеводство. 2-е переработанное дополненное издание / под ред. Г.И. Тараканова, В.Д.Мухина. М.: КолосС, 2003. 239 с.

EFFECT OF COMPOST PRODUCED FROM LOCAL WASTE TO NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN PLANTS

K.I. Damirova

Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, organic-fertilizer@bk.ru

Summary. *Agrochemical bases of obtaining quality yield are to ensure optimal conditions of mineral nutrition of plants. This requires adequate soil organic fertilizer made from industrial, agricultural and household waste, contributing to education in accessible form of nutrients for plants and humus in the soil.*

Keywords: *fertility, nutrients, fertilizers.*

УДК 631.474:631.95

ВЛИЯНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЭЛЕМЕНТЫ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

С.Л. Добрянская, А.С. Шкитина

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, slb85@bk.ru

Аннотация. *В работе представлены экспериментальные данные, характеризующие общие закономерности изменений основных свойств чернозёма выщелоченного при использовании технологии No-till. Выявлены изменения содержания гумуса, агрегатного состава, водно-физических свойств исследуемой почвы.*

Ключевые слова: *чернозём, гумус, структура, водопрочность, коэффициент структурности, плотность, обработка почвы, водно-физические свойства.*

Почва в системе агроценоза представляет собой сложную систему с различными физическими, химическими, биологическими свойствами, которые определяют её как среду развития растений, определяют потенциальное плодородие. Поиск путей, позволяющих сохранить почвенное плодородие, создает предпосылки для внедрения в сельскохозяйственное производство технологии прямого посева (No-till). Отличительной особенностью современных систем земледелия является их высокий научно-технический уровень: широкое применение интенсивных севооборотов, высокопродуктивных культур и сортов, прогрессивных способов обработки почвы, удобрений, мер борьбы с сорняками, болезнями и вредителями растений, охрана почв и окружающей среды, внедрение новой техники и интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Сегодня в мировой практике к наиболее перспективным энергосберегающим приемам относят минимальную и нулевую обработки почвы, существенно сокращающие агротехнические операции.

Минимизация обработки почвы, как основа системы ресурсосбережения, в зависимости от зональных особенностей, складывается за счет сокращения глубины и периодичности обработки, введения комбинированных систем, замены или периодического прерывания вспашки в отдельных полях севооборота мелкой плоскорезной или нулевой (гербицидной) обработкой, исключения или совмещения отдельных операций в предпосевной подготовке почвы и, наконец, объединения всех технологических процессов посевного цикла за один-два проход. Внедрение современных ресурсосберегающих технологий представляется весьма актуальным также с точки зрения экологии, ввиду сильного снижения запасов энергопроизводящего сырья. При системе земледелия, основанной на технологии No-till, почва не подвергается механическому рыхлению и постоянно покрыта растениями или пожнивными остатками, как в природе. Это позволяет эффективно противостоять эрозии почв, управлять питательными веществами, осуществлять экологический контроль сорняков, болезней и вредителей, сохранять влагу.

Целью исследований явилось установление особенностей влияния традиционной обработки и прямого посева на содержание гумуса, водные и агрофизические свойства чернозёма выщелоченного.

Исследования проводили на чернозёме выщелоченном среднегумусном среднемощном тяжелосуглинистом Алтайского Приобья в трех вариантах: полевой севооборот с чередованием культур пшеница, пшеница, пропашные, обработка традиционная для лесостепной зоны Западной Сибири, возделывание яровой пшеницы с применением прямого посева (No-till), залежь.

Для выполнения поставленной цели использовали сравнительно-аналитический подход. Все использованные методы отвечают современным требованиям и являются необходимым минимумом для решения поставленной задачи [1, 2].

Существенное влияние на динамику и соотношение синтеза и минерализации гумуса, агрофизическое состояние пахотного слоя оказывают приемы обработки почвы.

Наиболее динамичным и чувствительным к антропогенным воздействиям является органическое вещество почвы. В пахотных почвах воспроизводство органического вещества обеспечивается в основном за счет остатков сельскохозяйственных культур. Проведенные исследования показали, что применение технологии прямого посева в сравнении с традиционной обработкой способствовало увеличению содержания гумуса в верхнем слое почвы (0-20 см) на 0,5%. Это связано с сохранением пожнивных остатков на поверхности почвы и ослаблением процессов минерализации органического вещества. В подпахотном слое эти изменения менее выражены. Показатели содержания гумуса на глубине 30–60 см между вариантами с традиционной технологией обработки и технологией прямого посева выравниваются и составляют 2,51 и 2,63% соответственно. Относительно чернозёма в состоянии залежи произошло уменьшение содержания гумуса. Меньшее снижение отмечено при применении прямого посева на 17,5%. На традиционной обработке при запахивании растительных остатков процессы минерализации протекают более активно, поэтому потери составили 19,2%.

Интенсивность антропогенного воздействия оказала заметное влияние на агрофизические показатели чернозёма выщелоченного [3]. При традиционной обработке происходит распыление и разрушение структуры, в значительной мере связанное с многократным воздействием на поверхность почвы ходовых частей тяжелой сельскохозяйственной техники. В пахотном слое уменьшается доля агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм) до 62%. Возрастает глыбистость, разрушаются зернистые и комковатые агрегаты, пополняя за счет своих фрагментов фракцию микроагрегатов до 27%. Важным условием уменьшения механического разрушения агрегатов при прямом посеве является сокращением количества обработок. Другой фактор улучшения структурного состояния – большее поступление наземного опада, корней и корневых выделений, связывающих механические элементы в агрегаты, стерня предохраняет почву от иссушения и разрушающего воздействия атмосферных осадков. Количество агрономически ценных агрегатов увеличивается. Коэффициент структурности возрастает до 2,5.

Разница в содержании водопрочных агрегатов между традиционной технологией и прямым посевом отличалась мало, но была почти в 1,5 раза меньше, чем на участке залежи. Количество водопрочных агрегатов в пахотном слое поля с традиционной обработкой составило 25 и 30% при прямом посеве. На долю ценных агрегатов 1–3 мм приходится всего около 10%, основная масса почвы (более 75%) представлена микроагрегатами размером менее 0,25 мм.

Приемы обработки почвы оказывают существенное влияние на плотность почвы. При прямом посеве равновесная плотность увеличилась и достигла максимальной величины 1,32 г/см^3. На фоне традиционной обработки плотность сложения пахотного слоя находилась в оптимальных параметрах для большинства сельскохозяйственных культур 1,12–1,25 г/см^3.

Увеличение эффективности использования почвенной влаги и питательных веществ является важным компонентом в разработке интегрированных стратегий управления технологии No-till [4].

Анализ данных (таблица) показывает, что значения всех показателей уменьшаются с глубиной. Наибольшие значения влажности можно отметить при технологии No-till, а наименьшее при классической технологии. В верхних горизонтах пахотных чернозёмов можно отметить повышение влажности почвы на 2–14%. Наибольшие значения гигроскопической влаги характерны для чернозёма при использовании технологии No-till. Это можно объяснить высоким содержанием гумуса, так как величина гигроскопичности зависит от гумусированности почвы и ёмкости катионного обмена. В пахотных черноземах происходит уменьшение содержания гигроскопической влаги. Более высокое содержание труднодоступной растениям влаги отмечено в пахотных горизонтах, что связано с высокой влажностью завядания. С глубиной это количество уменьшается. Наибольшие запасы труднодоступной влаги можно отметить на черноземах, находящихся в полевом севообороте. Наибольшее количество продуктивной влаги содержится в чернозёме с применением технологии No-till.

Результаты исследований показали, что при применении технологии прямого посева (No-till), наметилась тенденция увеличения содержания гумуса, улучшения структурно-агрегатного состояния и водных свойств чернозёма выщелоченного.

Водные свойства чернозёма выщелоченного

Вариант	Глубина взятия образца, см	Влажность, %	Г, %	Гмакс, %	ВЗ, %	ЗТВ, м^3/га	ЗПВ, м^3/га
1. Залежь	0–10	21,2	4,46	7,77	11,6	12,1	10,0
	10–20	21,0	2,09	7,61	11,4	10,0	13,2
	20–30	23,5	3,93	7,54	11,3	10,0	12,0
	30–40	21,9	3,70	7,33	11,0	11,3	11,0
	40–50	19,0	3,53	7,10	10,6	10,2	8,4
	55–65	7,53	2,86	6,49	9,7	9,1	-
	80–90	4,17	2,23	5,22	7,8	7,0	-
2. Классическая технология	0–10	16,78	3,30	8,9	13,3	12,8	8,1
	10–20	21,83	8,60	9,2	13,8	13,1	7,3
	20–30	20,23	4,85	9,4	14,1	13,2	5,3
	30–40	20,10	6,36	7,7	11,5	11,4	8,5
	59–70	16,54	2,03	7,5	11,2	11,1	5,1
	80–90	17,42	2,05	5,6	8,4	8,5	0,2
3. No-till	0–10	22,60	18,48	7,14	10,7	11,0	13,9
	10–20	22,26	12,61	7,14	10,7	10,8	14,5
	20–30	21,89	6,15	7,82	11,7	11,8	12,2
	30–40	11,70	7,99	7,06	10,6	11,7	12,1
	60–70	11,23	5,48	5,25	7,9	8,6	5,8

Литература

1. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высш. шк., 1973. 399 с.
3. Быкова С.Л. Агроэкологическая оценка структурного состояния чернозёма выщелоченного // Научное и инновационное обеспечение АПК Сибири: Материалы Межрегиональной конференции молодых ученых и специалистов аграрных вузов Сибирского федерального округа. Барнаул: АГАУ, 2008. С. 212–213.
4. Постоянный No-Till – постоянное улучшение: сб. докл. 8–10 августа 2007 г // Международная конференция NT-CA. Агрос-Союз. 2007. 151 с.

INFLUENCE OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES ON FERTILITY ELEMENTS OF CHERNOZEM OF LEACHED

S.L. Dobryanskaya, A.S. Shkitina

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, slb85@bk.ru

Symmary. *In the paper experimental data describing the general patterns of changes in the main properties of chernozem leached using No-till technology are presented. Changes in the content of humus, aggregate composition, and water-physical properties of the soil under investigation have been revealed.*

Keywords: *chernozem, humus, structure, water resistance, coefficient of structurization, density, tillage, water-physical properties.*

УДК 631.1

АГРОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ КАЧЕСТВА ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

А.Г. Дюкарев

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, DAG@imces.ru.

Аннотация. *Проведено зонирование Томской области по условиям ведения сельского хозяйства. Выделено 11 зон различающихся качеством почв, агроклиматическими ресурсами и технологическими условиями. Предложено при распределении дотаций учитывать агрохозяйственные условия и продуктивность труда. Отмечено, что целью дотаций является не только повышение эффективности с/х труда, но и решение социальных задач по сохранению РОССИЙСКОЙ ДЕРЕВНИ.*
Ключевые слова: *качество почв, теплообеспеченность, лесистость, заболоченность, продуктивность, зонирование.*

Развитие аграрного сектора экономики определяется двумя основными факторами:

– Природно-ресурсным потенциалом территории.

– Заинтересованностью государства в продовольственной независимости и соответственно размерами государственной поддержки.

Благодаря введенным против России санкциям проблема продовольственной безопасности России в настоящее время существенно обострилась, что привлекло внимание государства к производителям с/х продукции – осознанию необходимости их реальной поддержки. Современный уровень поддержки явно недостаточен и не учитывает условия, в которых работают конкретные товаропроизводитель. Достается она преимущественно далеко не бедным крупным производителям – агрохолдингам, а реальному земледельцу в селе мало что перепадает. Усугубляет состояние и проводимая социальная политика в селе. За последние 20–25 лет закрыто 25 тыс. сельских школ, снижается доступность медицины. В результате такой политики за последние 20 лет в России исчезло 34 тыс. деревень, а в 10 тыс. насчитывается менее 8 жителей, в 17 тыс. официально существующих деревень вообще никто не живет, в лучшем случае дачники. Заброшено 40 млн га пашни.

Россия самая большая страна мира, однако основная часть ее территории расположена в неблагоприятных для земледелия условиях. В большинстве регионов природные условия являются сдерживающим фактором агропроизводства. Томская область яркое тому подтверждение. По территории область значительно превышает размеры большинства Европейских государств и близка к площади Франции, Испании, Германии. Однако по продуктивности земель соседствует с Эфиопией (табл.1). Средняя урожайность яровой пшеницы в целом по стране не достигает и 15 ц/га, тогда как Англия, Германий, Нидерланды и даже Ирландия перешагнули рубеж 70 ц/га (табл. 1). Столь низкая урожайность и ее высокая вариабельность по годам связана не только, и не столько с низкой эффективностью труда, сколько с объективными внешними факторами – неблагоприятными природно-климатическими условиями. Центрально-европейские страны находятся в зоне климатического оптимума по тепло и влагообеспеченности, высоко обеспечены трудовыми и технологическими ресурсами. Отсюда и высокая продуктивность. Но и здесь государства в разной форме поддерживает производителей с/х продукции. Следует отметить, на Кубани урожайность пшеницы в 2014 году приблизилась к 60 ц/га, а целом по России, в результате сокращения площадей малопродуктивных пашен, средняя урожайность в рекордном 2016 году приблизилась к 26 ц/га, что немного меньше чем в США (28.3 ц/га).

Томская область простирается почти на 800 км с юга на север и с запада на восток. На ее территории выделяются 4 природно-климатические зоны [1]. Качество почв в большинстве своем низкое [2]. Болота и заболоченные леса занимают более 80% ее территории. Возможность земледелия только на самом юге. Пригодных для земледелия земель, в том числе и очагового, по области не более 10%. По официальным данным в настоящее время сельхоз-

производителями используется только 4,4%. из них под пашней чуть более 2% территории области. В реальности же обрабатывается земли значительно меньше. Так в 2014 году посевная площадь в области составила всего 366 846 га, что чуть больше 1% ее территории.

Таблица 1

Площадь Томской области и сопоставимых по размеру стран

Страна	Площадь, тыс. км^2	Урожайность зерновых ц/га	Численность населения, млн
Франция	551	62,4	64,2
Испания	594	28,5	64,4
Норвегия	387	45,4	5,2
Япония	372	38,4	126,9
Финляндия	337	35,6	5,5
Германия	357	72	80,7
Россия	1715.4	26	146,1
Томская область	**314.4**	**14,6**	**1,078**
Польша	313	32,4	38,0
Италия	301	37	60,8
Великобритания	244	80	64,8
Румыния	237	28	19,9

Но и на юге области высоки риски земледелия, определяемые неустойчивостью погодных условий, недостатком термических ресурсов, неблагоприятными технологическими условиями. Так в достаточно благоприятном для земледелия Зырянском районе урожайность яровой пшеницы по годам варьирует от 18 до 10 ц/га. Низкая продуктивность земель, неблагоприятные климатические и социально-экономические условия привели к оттоку населения из села. Сельское население в области сократилось до 27,6%. Но и из этого числа многие работают в городе или вахтой на нефте-газопромыслах. Большинство из оставшегося населения в селе – пенсионеры и малоквалифицированные кадры. Следует отметить слаборазвитую в селе коммуникационную и социальную инфраструктуру, отсутствие дорог, школ и ФАПов. Поэтому в Томской области, как и по всей Сибири сокращается сельское население. Из 2 871 сельских поселений существовавших на современной территории Томской области в 1949 году, к 2015 году осталось только 535, в том числе в 105 деревнях проживает менее 10 человек, а в 155 менее 50 [3].

Различие территории области по богатству почв, климатическим условиям соответственно по и затратам на производство продукции требует дифференцированного подхода к организации земледелия, соответственно и в распределении дотаций [4]. Ранее нами проведено природно-ресурсного районирования, при котором территория области дифференцировалась по природно-климатическим условиям и богатству почв на 43 природных района [5]. Для каждого района дана характеристика: геолого-геоморфологических условий; климата, растительности, почв и их качества; заболоченности, заторфованности и типа торфяной залежи, лесистости и современного хозяйственного использования, степень антропогенной нарушенности. С агрохозяйственных позиций эти районы весьма неоднородны и только южная группа районов перспективна для земледелия. В центральной части области и в пойме Оби возможно очаговое земледелие и животноводство.

Анализ почвенного покрова, климатических и других природных факторов позволили сгруппировать выделенные ранее природные районы в 11 сельскохозяйственных зон (рис. 1) различающихся по условиям ведения сельского хозяйства (табл. 2). Название зон условное, так как их границы не совпадают границами районов. Наиболее благоприятны для земледелия «Кожевниковская» зона. В неё включена дренируемая Обью часть Кожевниковского и Шегарского районов с преобладанием высокопродуктивных почв. Урожайность зерновых на полях ООО «Межениновская» достигает 28 ц/га, в то время как другие работающие рядом, в таких же условиях, хозяйства получают 14–17 ц/га.

Несколько меньшим плодородием характеризуются почвы II зоны, в которую входит дренированная р. Кией часть Зырянского района В почвенном покрове здесь господствуют серые, темно-серые и гумусово-гидрометаморфические (квазиглеевые) почвы.

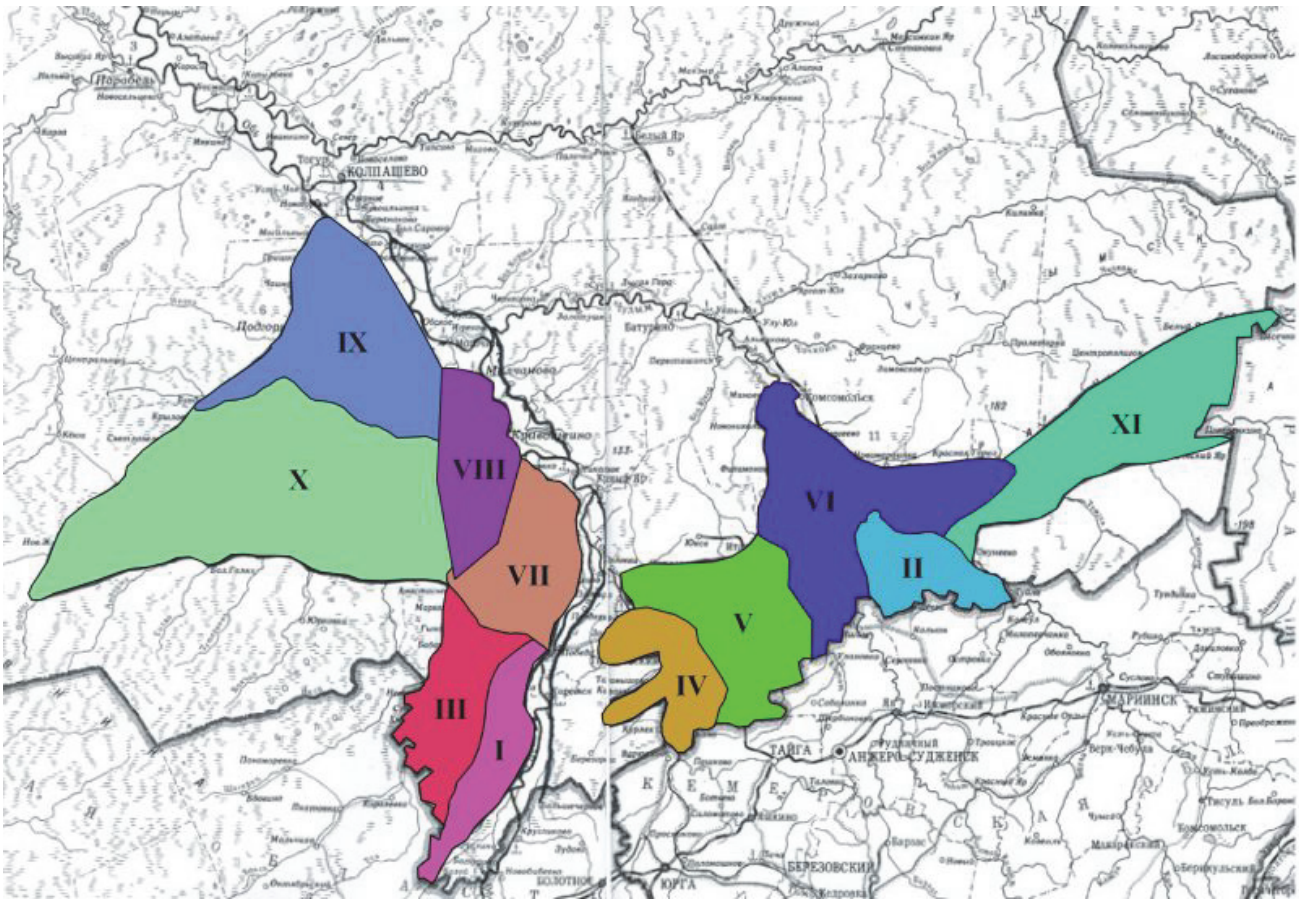


Рис. 1. Агрохозяйственное зонирование южных районов Томской области

Таблица 2

Характеристика агрохозяйственных зон

Зона		Богатство почв пашни	Гидро-морф ность	Леси-стость,	С/х пригод-ность, %	Осадки, мм/год	Сумма T>10°C	K
I	Кожевниковская	85–90	0,1	40	54/60	430–480	1800	1.0
II	Зырянская	80–85	0,1	60	35/50	480–500	1750	1,2
III	Ювалинская	80–85	0,3	70	38/50	480–500	1750	1,2
IV	Томская	75–80	0,1	60	45/60	500–550	1750	1,3
V	Томь-Яйская	60–70	0,1	70	28/50	550–600	1700	1,5
VI	Асиновская	70–75	0,2	60	28/40	550–600	1700	1,4
VII	Володинская	70–75	0,2	60	26/40	500–550	1700	1,4
VIII	Кривошеинская	65–70	0,3	70	22/40	500–550	1680	1,5
IX	Чаинская	45–50	0,4	60	9/30	530–580	1630	1,7
X	Бакчарская	50–60	0,6	55	8/30	550–600	1650	1,7
XI	Тегульдетская	45–50	0,2	90	6/15	550–600	1600	1,7

Примечание. Богатство почв в баллах бонитета; гидроморфность в доле переувлажненных земель с/х назначения; с/х пригодность – реальная/потенциальная. К – поправочный коэффициент на неоднородность условий земледелия

В III зону включена западная часть Кожевниковского района с преобладанием гумусово-гидрометамолрфических и переувлажненных серых почв, отличается высокой нестабильностью урожайности и более пригодна для кормопроизводства.

IV («Томская») зона, весьма неоднородная по почвенному покрову. Даже на примере Обь-Томского междуречья видно, что наиболее благоприятны условия для земледелия только в треугольнике Губино-Рыбалово-Зоркальцево. За его пределами плодородие почв существенно снижается. А территория Томь-Яйского междуречья (V) отличается высокой залесенностью и рассечённостью логами, что значительно осложняет освоение. Почвы серые и светло-серые с признаками глубокой оподзоленности.

Условия Асиновской, Володинской и Кривошеинской зон (VI, VII, VIII) в дренированной части благоприятны для земледелия, хотя плодородие серых оподзоленных почв невысокая. Урожайность зерновых здесь невысокая, но относительно стабильная, что связано с меньшей увлажненность территории и более благоприятными условиями для поведения весенних полевых работ и уборки.

Чаинская и Бакчарская зоны (IX, X), в связи с высокой заболоченностью, можно отнести к территориям очагового земледелия. Здесь наиболее перспективны животноводство и земледелие ориентированное на производство кормов. Пригодны для земледелия здесь только небольшие дренированные участки вдоль рек. Основная же часть этих зон представлена болотами и заболоченными лесами. При широком распространении в почвенном покрове органоаккумулятивных почв характеризующихся достаточно высоком потенциальным плодородием, Бакчарская зона отличаются, высокой нестабильностью увлажнения и соответственно сложностью проведения весенних и осенних полевых работ. Практически все поля здесь к настоящему времени заброшены. Земледелие сохранилось только вблизи районного центра. Тегульдетский район (XI зона) характеризуется высокой залесенностью, низким плодородием дерново-подзолистых почв и также относится к зоне рискованного очагового земледелия не обеспеченной трудовыми ресурсами.

Выделенные зоны также весьма неоднородны. Если в дренированной части, как правило, возможно всестороннее земледельческое использование обширных площадей, то центральные части водораздела, (даже в Кожевниковском районе) переувлажнены. Неблагоприятные технологические свойства – высокая заболоченность и залесенность, мелкоконтурность полей повышают затраты на их обработку.

Агрохозяйственные зоны в первом приближении могут использоваться для дифференциации поддержки сельхозпроизводителей. Так как понятно, что затраты на производства к примеру зерна, как и его качество, в Кожевниковском и Кривошеинском районе будут существенно различаться (табл. 2). Следовательно, различной должна быть и государственная поддержка. Однако результаты дифференциации не должны отбить желание трудится хозяйства, расположенные в неблагоприятных условиях. Более того, она должна обеспечить приток в село квалифицированных трудовых ресурсов. Примеры показывают, что при правильном выборе специализации, агротехники и сортов можно и здесь добиваться неплохих результатов. Проведенное зонирование территории представляет общую характеристику земледельческой зоны. В качестве же рабочего инструмента даже на первом этапе должна использоваться агрохозяйственная оценка земель на уровне хозяйств, а в дальнейшем и внутрихозяйственная оценка.

Однако нужно учитывать, что столько средств, сколько реально нужно для поддержки аграрного сектора экономики сейчас нет. Поэтому при дифференциации хозяйств необходимо учитывать и эффективность землепользования. В качестве критерия можно использовать цену балла бонитета почв в единицах урожая или в соответствии со специализацией хозяйства, другого полученного прибавочного продукта. Чем выше цена балла, тем эффективнее землепользование. Учитываются и другие факторы (мелкоконтурность полей, гидроморфность, развитость дорог и социальной сферы). Кроме прямых финансовых дотаций существуют и другие не менее важные формы поддержки – прежде всего развитие социальной сферы.

При распределении дотаций необходимо учитывать, их целью является не только и не столько повышение эффективности с/х труда, но и решение социальных задач по сохранению РОССИЙСКОЙ ДЕРЕВНИ. В общей системе государственности аграрный сектор можно сравнить с кровеносной системой, в которой закупорка капилляров может привести к «гангрене» и отмиранию органов. Поэтому всё, что отвоевано у природы, все что освоено, должно использоваться. Иногда даже вопреки экономической целесообразности. Земля не должна осиротеть потому что «вырождение деревни приведет к вырождению России, утрате ее территориальной целостности».

Литература

1. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Почвенно-географическое районирование Томской области // Почвоведение. 2002. № 1. С. 282–294.

2. Хмелев В.А. Дюкарев А.Г., Львов Ю.А., Паневин В.С. др. Природные ресурсы Томской области. Новосибирс: Наука, 1991. 186 с.

3. Усольцева О.В. Сельская поселенческая сеть Томской области во второй половине 1940–1980-е гг. Томск: Демос, 2018. 268 с.

4. Хмелев В.А., Щербинин В.И. Почвенно-бонитировочное районирование как основа процесса землепользования // Бонитировка почв на генетико-производственной основе. Новоибирск: Наука, 1982.

5. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Лапшина Е.Д, Льготин В.А., Базанов В.А. Природно-ресурсное районирование Томской области. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 1997. 40 с.

AGRICULTURAL ZONING OF THE TOMSK REGON ON THE BASIS OF THE QUALITY OF LAND RESOURCES

A.G. Dyukarev

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, DAG@imces.ru

Symmary. *The zoning of the Tomsk region in terms of agriculture presented. 11 agricultural zones were revealed differing by quality of soils, agro-climatic resources and technological conditions. Agricultural conditions and workforce productivity should be taken into account during allocation of supporting grants. Noted that the purpose of the supporting grants is not only improving the efficiency of agricultural labour, but also social goals for the conservation of the RUSSIAN village.*

Keywords: *soil quality, agro-climatic resources, forests, swamps, productivity, zoning.*

УДК 631.84

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА – ВКЛАД В ОЗДОРОВЛЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

П.Б. Заманов, С.Г. Исмайлова, Э.М. Векилова, Р.А. Пашаев

Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана, Баку,
organic-fertilizer@outlook.com

Аннотация. *Использование органических отходов в виде компостов под различные сельскохозяйственные культуры в Азербайджане очень актуально. При этом решается проблема поддержания плодородия почвы с учетом охраны окружающей среды, когда отходы из источника ее загрязнения превращаются в ценное для растений удобрение.*
Ключевые слова: *органические отходы, плодородие почв Азербайджана, охрана окружающей среды.*

Актуальность. Повышение урожайности всех сельскохозяйственных культур зависит от степени плодородия почвы, которая в свою очередь зависит от потенциала гумуса и азота. Гумус служит источником питательных веществ (азот, фосфор, калий, сера и др.) для сельскохозяйственных культур и вместе с тем оказывает влияние на физические, водно-физические и агрохимические свойства почвы. Давая оценку плодородию почвы, следует прежде всего уделять особое внимание обеспечению почвы органическим веществом. Решающее значение органического вещества подтверждается тем, что без внесения его в течение нескольких лет происходит значительное снижение урожаев. Поэтому для сохранения плодородия почв и получения высоких урожаев возделываемых культур необходимо использовать органические удобрения. Навоз – основное органическое удобрение. При систематическом внесении навоза примерно 75% этого удобрения полностью минерализуется, 25% пополняет запасы гумуса в почве [1–2].

Однако в настоящее время ограниченное количество навоза в Азербайджане (на 1 гектар приходится всего 2,5–3 тонны при норме 10–12 тонн) не восполняет всю потребность почвы в органическом веществе. Поэтому возникла необходимость использования органических отходов, которые могут заменить и даже превзойти по своему действию традиционное удобрение – навоз. В Азербайджане выявлено большое количество таких отходов, которые накапливаясь во многих местах и оставаясь неиспользованными, загрязняют окружающую среду. К ним относятся: городские бытовые отходы – 1 млн 400 тыс. тонн, ботва и остатки сельскохозяйственных растений – 720 тыс. тонн, лесная подстилка (в том числе подстилка от озеленения городов) – 180 тыс. тонн, отходы промышленной переработки сельхозпродуктов и химических заводов – 320 тыс. тонн, отходы чайных и виноградных плантаций – 117 тысяч тонн, очистной ил – 500 тыс. тонн, осадки сточных вод – 1 млн 200 тыс. тонн и др. (табл. 1). Анализы выявили в составе всех отходов содержание около 209 тыс. тонн чистого азота, 110 тыс. тонн чистого фосфора, 240 тыс. тонн чистого калия, 6 млн. тонн органического вещества и 5 млн. тонн золы, значительное количество микроэлементов и полезных микроорганизмов [2].

Поэтому использование этих отходов считается целесообразным для поддержания плодородия почвы и частичного решения охраны окружающей среды от загрязнений.

Объект и методы исследования. На базе имеющихся запасов органических отходов в различных зонах Республики методом биологической конверсии приготовлены компосты, названные согласно зоне их приготовления. Изучены механический и химический состав компостов, проводятся исследования по выявлению их эффективности под различные сельскохозяйственные культуры в различных почвенно-климатических условиях Азербайджана [3].

Таблица 1

Органические отходы, распространенные в Азербайджанской Республике, и содержание в них необходимых для растений элементов питания

№	Названия отходов	Количество отходов, тыс. тонн	Содержание в составе отходов минеральных элементов питания (NPK) в чистом виде, тыс. тонн				
			N	P	K	Общее содержание минеральных элементов	Органическое вещество
1	Навоз	9000	62,1	27,0	90,0	179,1	2160,0
2	Коммунально-бытовые отходы	5600	28,0	21,3	43,7	93,0	1792,0
3	Торф	119	9,0	0,5	1,2	10,7	70,0
4	Растительные остатки	837	10,8	4,2	24,3	39,3	293,0
5	Производственные отходы	476,5	5,3	5,7	13,3	24,3	133,4
6	Осадки сточных вод	1200	8,4	4,8	30,0	43,2	432,0
7	Лесная подстилка, в том числе подстилка от озеленения городов	170	3,7	1,0	4,6	9,3	61,2
8	Илы пресноводных водоёмов	4400	48,4	10,1	4,4	62,9	1408,0
9	Сидеральные культуры	20	0,12	0,026	0,082	0,228	7,4
Всего		21822,5	175,82	74,6	211,6	462,0	6357,0

Наши исследования с закладкой полевых опытов проводились в трех зонах Республики – Ширванской (испытывалось действие компоста «Ширван» на лугово-лесной почве под хлопчатником), Лянкяранской (действие компоста «Лянкяран» на желтоземно-подзолистой почве под чайной плантацией) и Абшеронской (действие компоста «Абшерон» на серо-бурой почве под культурой миндаля). Химический состав компостов определяли по общепринятым методикам в лабораторных условиях. В отобранных для анализа почвенных образцах определяли содержание гумуса по методу Тюрина, аммиачного азота – фотоколориметрическим методом с реактивом Несслера, подвижного фосфора – по Мачигину и Кирсанову, обменного калия – по Масловой [4].

Обсуждение результатов. Компост «Ширван», в состав которого входили навоз (60%), отходы консервного завода (10%), ботва сельскохозяйственных культур (10%), птичий помет (10%), лесная подстилка (6%), простой суперфосфат (2%), сульфат аммония (2%) с химическим составом: N – 1,30, P_2O_5 – 0,82, K_2O – 1,02, органическое вещество – 41% испытывали в дозе 30 т/га на серо-луговой почве под хлопчатником [5]. Было выявлено, что в период массовой бутонизации хлопчатника наблюдается увеличение содержания доступных растениям форм основных макроэлементов и незначительное увеличение гумуса в пахотном слое почвы. Так, количество аммиачного азота увеличилось на 8,1 (в контроле 16,5), подвижного фосфора – на 7,5 (в контроле 22,0), обменного калия – на 125,0 (в контроле 275,0) мг/кг почвы. Увеличение гумуса составило 0,09% (в контроле 2,0).

Компост «Лянкяран», в состав которого входили навоз (50%), отходы чайной плантации и овощных культур (38%), птичий помет (10%), простой суперфосфат (1%), сульфат аммония (0,5%), комплексное органо-минеральное микроудобрение (0,5%) с химическим составом: N -1,36, P_2O_5 – 0,65, K_2O – 1,34, органическое вещество – 27,7% испытывали в дозе 30 т/га на желтоземно-подзолистой почве под культурой чая [6]. Результаты опыта выявили увеличение количества аммиачного азота, подвижного фосфора и обменного калия в пахотном слое почвы в середине вегетации чайного растения соответственно на 35,0, 79,1 и 24, мг/кг почвы по сравнению с контролем без удобрений, где эти показатели составили соответственно 30,5, 78, и 153,2 мг/кг почвы.

Компост «Абшерон», в состав которого входили твердый бытовой отход (40%), осадки сточных вод (30%), навоз (10%), остатки сельскохозяйственных культур (15%), зола (3%), комплексное органо-минеральное микроудобрение (1%), соль Дарыдагской термальной воды

(по названию горы Дарыдаг) (1%) с химическим составом: N -1,95 , P_2O_5 –1,37, K_2O – 1,63, органическое вещество – 24,0% испытывали в дозе 30 т/га на серо-бурой почве под миндалем [7]. Исследования показали, что в фазе роста плодов миндаля наблюдается увеличение содержания доступных растениям форм основных макроэлементов и незначительное увеличение гумуса в пахотном слое почвы. Так, количество аммиачного азота увеличилось на 10,4 (в контроле 24,5), подвижного фосфора – на 8,8 (в контроле 20,0), обменного калия – на 125,0 (в контроле 280,0) мг/кг почвы. Увеличение гумуса составило 0,12% (в контроле 1,31%).

Выводы. Приготовление компостов из органических отходов и использование их в различных зонах Азербайджана под сельскохозяйственные культуры в целях поддержания и повышения плодородия почвы дало положительные результаты. Выявлено увеличение содержания доступных растениям форм основных макроэлементов (NPK) и гумуса в почве. В то же время эффективное использование органических отходов несомненно вносит весомый вклад в оздоровление окружающей среды.

Литература

1. Алиев С.А. Пути повышения плодородия орошаемых почв Азербайджана. Баку: Азернешр. 1962. 92 с.

2. Zamanov P.B., Pashayev R.A., Vekilova E.M. Soil fertility and plant productivity rise by the organic wastes application //Word Congress of Soil Science. Thailand. 2002. Volume II. P. 520.

3. Заманов П.Б., Векилова Э.М. Методы приготовления путем биоконверсии на базе местных отходов новых экологически чистых органических удобрений и их эффективность // Матер. 1 Междунар. научно-технич. конф. «Современные проблемы экологии, методы и средства их решения». Баку, 1994. С. 43–44.

4. Практикум по агрохимии / под ред. Б.А. Ягодина. М.: Агропомиздат, 1987. 512 с.

5. Исмайлова С.Г. Влияние удобрений на поступление элементов питания в растения хлопчатника в зависимости от фаз развития // Матер. Междунар. научно-практич. конф. Львов, 2017. С. 139–143.

6. Векилова Э.М. Эффективность применения органических отходов под культуру чая // Аграрная наука Азербайджана. 2008. № 3. С. 50–51.

7. Пашаев Р.А., Исмайлов С.Д. Повышение плодородия почв под миндалем с помощью органических удобрений, полученных на базе отходов // Сб. трудов Междунар. научн. конф. Т. XII, ч. 1. Баку: Элм, 2012. С. 422–425.

USE OF ORGANIC WASTE TO INCREASE FERTILITY OF SOILS OF AZERBAIJAN – CONTRIBUTION TO ENVIRONMENTAL HEALTH

P.B. Zamanov, S.H. Ismayilova, E.M. Vekilova, R.A. Pashayev

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, organic-fertilizer@outlook.com

Summary. *The use of organic waste in the form of composts for various crops in Azerbaijan is very important. At the same time, the problem of maintaining soil fertility is solved, taking into account environmental protection, when waste from the source of its pollution turns into a valuable fertilizer for plants.*

Keywords: *organic waste, soil fertility of Azerbaijan, environmental protection.*

УДК 631.86

ЗНАЧЕНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ (НА ПРИМЕРЕ КОМПОСТА МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ И АЗОТОВИТА) В БИОЛОГИЗИРОВННЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Т.С. Зинковская, В.Н. Зинковский, В.А. Сорокина, Л.А. Шахпаронян

Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель, Тверь, Россия, 2016vniimz-noo@list.ru

Аннотация. *В работе освещаются вопросы влияния органического удобрения нового поколения – компоста многоцелевого назначения (КМН) и микробиологического препарата Азотовит на плодородие дерново-подзолистой глееватой легкосуглинистой почвы и продуктивность картофеля в условиях различного водно-воздушного режима. В ходе эксперимента была выявлена высокая экономическая эффективность орошения и рассчитан баланс питательных элементов на разных изучаемых вариантах. Исследования показали различное образование и накопление минерального азота по вариантам опыты, связанное с микробиологической деятельностью, удобрениями, погодными условиями, орошением.*
Ключевые слова: *компост многоцелевого назначения, азотовит, двустороннее регулирование водного режима, картофель, баланс, азот, физические показатели.*

Актуальность. В России наряду с ежегодным уменьшением суммарной площади мелиорированных земель постепенно сокращаются площади почв с хорошим почвенно-мелиоративным состоянием при усилении деградационных процессов (интенсивная сработка гумуса, усиление эрозионных процессов, истощение запасов минерального питания растений, вторичное заболачивание, возрастание массивов кислых почв, зарастание луговых мелиорированных угодий кустарниковой растительностью и др.).

Поэтому, учитывая антропогенную нагрузку на почвенный покров, необходимы меры, ограждающие влияние процессов, негативно влияющих на содержание гумуса, почвенную структуру, элементов питания, микробоценоз. Также необходим контроль за поступлением и накоплением вредных и токсических веществ, загрязняющих почву. Интенсивность загрязнения почв значительно возрастает в случаях, когда вместо высокотехнологичных органических удобрений, микробных препаратов, мелиорантов используются некачественные органические удобрения, бытовые или промышленные отходы и т.д. Снижению и устранению проблем деградации почв способствуют биологизированные системы земледелия.

Основными биомелиоративными компонентами в биологизированных системах земледелия являются различные виды органических удобрений, базирующихся на использовании навоза и птичьего помёта. Переработка последних в высокотехнологичные удобрения нового поколения является одним из главных направлений в стратегии производства безопасных средств биологической мелиорации с соблюдением природоохранных требований в зонах крупных животноводческих комплексов и птицефабрик. Составной частью экологической системы земледелия являются и технологии с применением микробиологических препаратов.

Как известно, биологические препараты оказывают комплексное воздействие на режим питания растений. Микробные препараты позволяют направленно регулировать состав и численность микробного комплекса на корнях в соответствии с потребностями и возможностями растений [1]. Интерес к новым нетрадиционным методам земледелия и растениеводства, основанным на усилении процесса фиксации атмосферного азота почвенными микроорганизмами возрос в связи с поиском путей увеличения производства продукции при сложившемся дефиците удобрений [2–7].

Объекты и методы исследования. Исследования проводили в микрополевом модельном опыте на дерново-подзолистой глееватой легкосуглинистой почве при двустороннем регулировании водно-воздушного режима. Изучаемая культура картофель. В эксперименте использовали компост многоцелевого назначения (КМН) – базовое высокотехнологичное удобрение, получаемое в институте методом аэробной твёрдофазной биоферментации и микробиологический препарат азотовит, внесённый в современный список пестицидов и агрохимикатов.

Обсуждение результатов. Полевые опыты с картофелем выявили высокую экономическую эффективность двустороннего регулирования водно-воздушного режима. В среднем окупаемость затрат на орошаемых вариантах с внесением компоста многоцелевого назначения составила 3,13 рубля на рубль затрат.

Регулирование водно-воздушного режима почвы определённым образом отразилось на балансе элементов питания. В среднем за три года баланс по азоту в варианте с КМН на осушаемом фоне при урожайности 32, 3 т/га сформировался положительный. На контроле без удобрений дефицит азота составил – 111, 1 кг/га, на поливном варианте он был близок к бездефицитному.

Баланс фосфора в среднем за три года на всех вариантах, кроме контрольного, как с осушением, так и при двустороннем регулировании сложился положительный. Что касается калийного баланса, то при высоком выносе этого элемента картофелем и получении урожая выше планируемого он сложился отрицательным на всех вариантах.

Другая часть исследований касалась изучения пролонгирующего действия компоста многоцелевого назначения при обработке клубней микробиологическим препаратом азотовит. Результаты эксперимента показали самое большое количество аммонификаторов на этом варианте как в динамике, так и в целом за вегетацию. Их максимальное количество (как и в случае с другими группами микроорганизмов) отмечено на варианте с органическим субстратом (КМН) + обработанные азотовитом клубни картофеля и составило в среднем за вегетацию – 43,4 млн/г, на варианте с КМН – 30,3 млн/г.

Усиление работы азотобактера препарата азотовит в большей мере проявилось на орошаемом фоне. На этом фоне внесённый органический субстрат с обработанными клубнями показал наибольшее количество минерального азота. Его содержание на этом варианте было 3,58 мг/100 г почвы против 2,43 мг/100 г почвы на варианте с компостом многоцелевого назначения при орошении и 1, 83 мг/100 г почвы на контроле без удобрений.

Использование компоста многоцелевого назначения позволило улучшить так же физические и водно-физические показатели глееватой дерново-подзолистой почвы, такие как плотность (объёмная масса), общая порозность, предельная полевая влагоёмкость и обеспечить более высокие запасы продуктивной влаги (табл. 1, 2).

Таблица 1

Плотность и порозность почвы в пахотном слое на фоне внесения КМН (15 т/га) и на варианте без удобрений

Слой почвы, см	Осушаемая почва			Осушение + орошение		
	А) К б/у	Б) КМН	Б / А, %	А) К б/у	Б) КМН	Б / А, %
Плотность естественного сложения почвы (объёмная масса), г/см^3						
0–20	1,38	1,32	–4,4	1,39	1,31	–5,8
Плотность твердой фазы почвы (удельная масса), г/см^3						
0–20	2,58	2,58	–	2,60	2,60	–
Общая порозность почвы, % к объему						
0–20	46,5	48,9	5,2	47,7	50,0	+ 4,8

Данные табл. 1 показывают, что к пятому году после внесения компоста заметно снизилась объемная масса почвы.

Таблица 2

Запасы влаги в пахотном слое (м^3/га) на фоне внесения КМН (15 т/га) и на варианте без удобрений

Слой почвы, см	Осушаемая почва			Осушение + орошение		
	А) К б/у	Б) КМН	Б / А, %	А) К б/у	Б) КМН	Б / А, %
Предельная полевая влагоемкость (ППВ), % от веса а.с.п.						
0–20	25,5	27,7	+ 8,6	25,5	27,6	+ 8,2
Суммарный запас влаги при ППВ (Wc)						
0–20	704	731	+ 3,8	709	723	+ 2,0
Запас влаги < 0,6 ППВ (Wн)						
0–20	422	439	+ 4,0	425	433	+ 1,9
Запас продуктивной легкодоступной влаги (Wc – Wн)						
0–20	282	292	+ 3,5	284	290	+ 2,1

Так, при двустороннем регулировании водного режима это снижение составило 5,8%, что особенно важно для условий орошаемого земледелия, где часто наблюдается уплотнение почвы поливами. Снижение плотности естественного сложения почвы в свою очередь повлекло увеличение порозности почвы до 4,8–5,2%, что естественно отразилось на повышении запасов продуктивной влаги в пахотном горизонте (табл. 2).

Заключение. Проведённые исследования выявили высокую эффективность органического удобрения нового поколения – компоста многоцелевого назначения (КМН) на плодородие дерново-подзолистой глееватой почвы и продуктивность картофеля в условиях двустороннего регулирования водно-воздушного режима.

Как показали наши исследования, дополнительное орошение в засушливые периоды вегетации существенно повышает действие органических удобрений. Обработка клубней картофеля биопрепаратом азотовит усиливает пролонгирующий эффект компоста многоцелевого назначения за счёт дополнительной азотфиксации, ростстимулирующих и фунгистатических свойств препарата.

Литература

1. Тихонович И.А., Круглов Ю.В. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия // Плодородие. 2006. № 5. С. 9–12.

2. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993. С. 3–100.

3. Лыков А.М. Введение в биогеоценотическое (адаптивно-биосферное) земледелие. /А.М. Лыков // Плодородие, 2006, № 1. С. 27–32.

4. Крупенников И.А., Боинчан Б.П. Преимущества и трудности реализации биогеоценотического земледелия // Плодородие. 2007. № 3. С. 30–32.

5. Лошаков В.Г. Севооборот и другие биологические факторы воспроизводства плодородия почвы // Сб. Системы использования органических удобрений и возобновляемых ресурсов в ландшафтном земледелии. Владимир, 2013. Т. 1. С. 148–159.

6. Тихонович И.А., Кожемяков А.П., Чеботарь В.К. и др. Биопрепараты в сельском хозяйстве: методология и практика микроорганизмов в растениеводстве. М.: РАСХН, ВНИИСХМ, 2005. 154 с.

7. Тихонович И.А., Завалин А.А., Благовещенская Г.Г., Кожемяков А.П. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений // Плодородие. 2011. № 3. С. 9–13.

THE IMPORTANCE OF HIGH-TECH ORGANIC FERTILIZERS AND BIOPREPARATES (ON THE EXAMPLE OF THE COMPOSITE OF MULTI-PURPOSE APPLICATION AND AZOTOVIT) IN BIOLOGICALIZED SYSTEMS OF AGRICULTURE

T.S. Zinkovskaya, V.N. Zinkovsky, V.A. Sorokina, L.A. Shahparonyan

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (FGBNU VNIIMZ) Tver, Russia, 2016vniimz-noo@list.ru

Summary. *The paper deals with the effects of organic fertilizer of a new generation – compost of multi-purpose (KMN) and microbiological preparation Azotovit on the fertility of sod-podzolic gleyey light loamy soil and the potato productivity under different water-air conditions. In the course of the experiment, the high economic efficiency of irrigation was revealed and the balance of nutrients was calculated for different variants studied. Studies have shown a different formation and accumulation of mineral nitrogen in the variants of experiments related to microbiological activity, fertilizers, weather conditions, irrigation.*

Keywords: *multi-purpose compost, Azotovit, bilateral regulation of water regime, potatoes, balance, nitrogen, physical parameters.*

УДК 633.112.9:631.445.2:631.81.095.337

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ БИОМАССЫ РАСТЕНИЯМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМКАХ МИКРОУДОБРЕНИЯМИ АДОБ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ВЫСОКООКУЛЬТУРЕННОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Н.С. Иванова

Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, Беларусь, Минск, snatali15388@mail.ru

Аннотация. *В статье представлены данные накопления биомассы растениями озимой пшеницы в различные фазы роста и развития, при применении некорневых подкормок микроудобрениями АДОБ на дерново-подзолистой высокоокультуренной легкосуглинистой почве.*
Ключевые слова: *микроэлементы, пшеница, удобрения, почва, некорневые подкормки, биомасса, медь, цинк, марганец.*

Актуальность. Озимая пшеница принадлежит к числу наиболее ценных и высокоурожайных зерновых культур. Зерно богато клейковинными белками и другими ценными веществами, поэтому оно широко используется для продовольственных целей. Пшеничные отруби – высококонцентрированный корм для всех видов сельскохозяйственных животных. Солома и мякина имеют большую кормовую ценность. В 100 кг соломы содержится 0,5–1,0 кг переваримого протеина и 20–22 кормовых единицы [1].

Недостаточное содержание микроэлементов в пищевых продуктах приводит к нарушению минерального обмена, что является причиной и механизмом возникновения многих заболеваний, в том числе сердечно–сосудистых, онкологических и других. При недостатке микроэлементов в кормах снижается продуктивность сельскохозяйственных животных. Поэтому обеспечение сельскохозяйственных культур микроэлементами позволяет не только увеличивать урожайность, но и обогащает сельскохозяйственную продукцию элементами необходимыми для нормальной жизнедеятельности человека и животных [2, 3].

Фоновое содержание ряда микроэлементов в почвах Беларуси не соответствует потребности для нормального роста и развития растений. В настоящее время в связи с возросшим плодородием почв, снижением почвенной кислотности, отрицательным балансом микроэлементов в земледелии Беларуси возникла необходимость оптимизации микроэлементного состава растениеводческой продукции [4, 5].

Снижение формирования урожая и ухудшение качества сельскохозяйственных культур является следствием снижения запасов подвижных форм многих микроэлементов в большинстве почв, что связано с их отрицательным балансом и снижением доступности многих микроэлементов растениям [6].

По данным многих авторов, высокие концентрации азота ухудшают поступление микроэлементов в растения, в них наблюдается дефицит марганца, меди, цинка и других элементов. Фосфорные удобрения в высоких дозах способствует дефициту железа и цинка в сельскохозяйственных культурах [7, 8]. Особенно это актуально для высокоокультуренных почв, которые отличаются оптимальной кислотностью, высоким содержанием гумуса, фосфора и калия.

Объекты и методы исследования. Полевой опыт с озимой пшеницей Сукцес проводили в 2016–2017 гг. на опытном поле РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в ОАО «Гастелловское» Минского района на дерново-подзолистой высокоокультуренной легкосуглинистой почве, развивающейся на мощных лессовидных легких суглинках. Во время закладки полевого опыта почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями: в 2016 г – pH в KCl – 6,5, содержание гумуса – 2,5%, P_2O_5–490 мг/кг почвы, K_2O – 400 мг/кг почвы, Cu–2,7, Mn обм. – 2,0, Zn – 3,5 мг/кг почвы; в 2017 г – pH в KCl – 6,3, содержание гумуса – 2,7%, P_2O_5 – 614 мг/кг почвы, K_2O–434 мг/кг почвы, Cu–2,4, Mn обм. – 1,6, Zn – 3,4 мг/кг почвы.

Общая площадь одной делянки составляла 25 м^2, учетная – 18 м^2. Повторность вариантов в полевом опыте четырехкратная. Метод размещения вариантов в повторении случайный (рендомизированный). Норма высева – 4,5 млн всхожих семян на гектар.

Схема опыта развернута на двух фонах внесения минеральных удобрений. Фон 1 – дробное внесение азотных удобрений в подкормку в дозе N_{160}, фон 2 – дробное внесение азотных удобрений в подкормку в дозе N_{160}, фосфорных – P_{30} и калийных – K_{60} (35% выноса фосфора и калия с планируемой урожайностью 80 ц/га) (табл. 1).

Таблица 1

Схема полевого опыта

1. Контроль без удобрений	10. $N_{160\ (70+35+55)}P_{30}K_{60}$ – фон 2
2. $N_{160\ (70+35+55)}$ – фон 1	11. Фон 2 + $Cu_{0,05}$
3. Фон 1 + $Cu_{0,05}$*	12. Фон 2 + $Mn_{0,05}$
4. Фон 1 + $Mn_{0,05}$	13. Фон 2 + $Zn_{0,05}$
5. Фон 1 + $Zn_{0,05}$	14. Фон 2 + $Cu_{0,05} + Mn_{0,05}$
6. Фон 1 + $Cu_{0,05} + Mn_{0,05}$	15. Фон 2 + $Cu_{0,05} + Zn_{0,05}$
7. Фон 1 + $Cu_{0,05} + Zn_{0,05}$	16. Фон 2 + $Mn_{0,05} + Zn_{0,05}$
8. Фон 1 + $Mn_{0,05} + Zn_{0,05}$	17. Фон 2 + $Cu_{0,05} + Mn_{0,05} + Zn_{0,05}$
9. Фон 1 + $Cu_{0,05} + Mn_{0,05} + Zn_{0,05}$	

* – дозы меди, марганца и цинка, кг/га.

Фосфорные удобрения (аммонизированный суперфосфат) и калийные удобрения (хлористый калий) применяли согласно схеме в основное внесение. Подкормки азотом проводились в 3 срока: 1 – весной в начале активной вегетации – N_{70} (КАС), 2 – в стадию первого узла – N_{35} (карбамид), 3 – появление флагового листа – N_{55} (карбамид).

Некорневые подкормки посевов озимой пшеницы микроэлементами проводили в фазу первого узла и стадию появление флагового листа. В качестве микроудобрений использовали жидкие удобрения, содержащие микроэлементы в хелатной форме – АДОБ Cu IDHA (Cu–6,14%), АДОБ Mn IDHA (Mn–15,26%) и АДОБ Zn IDHA (Zn–6,16%) в дозах 50 г/га д.в.

Закладка и проведение опыта проводилась в соответствии с методикой полевых опытов. Технология возделывания озимой пшеницы общепринятая для Беларуси (в соответствии с технологическим регламентом возделывания). Во время вегетации культуры проводился уход за посевами, применялись средства защиты. Учет урожайности и уборку озимой пшеницы проводили прямым комбайнированием при наступлении полной спелости зерна. Урожайность зерна приводили к стандартной влажности.

Аналитическая обработка экспериментальных данных, полученных в опытах, выполнялась по общепринятым методикам.

Обсуждение результатов. Внешние факторы жизни растений оказывают значительное воздействие на рост и развитие растений в период вегетации. Одним из показателей, отражающих этот процесс, служит значение накопления биомассы растений. Следует отметить, что в исследованиях накопление массы растений в значительной степени зависело от погодных условий вегетационного периода, уровня минерального питания и применения различных марок микроудобрений.

Изучение динамики накопления биомассы растениями озимой пшеницы в зависимости от видов вносимых микроудобрений показало, что внесение медных, марганцевых и цинковых удобрений оказывало положительное действие на увеличение биомассы культуры.

Проведение двукратной некорневой подкормки микроудобрениями на фоне с дробным внесением азотных удобрений в подкормку в дозе N_{160} увеличивало интенсивность накопления биомассы растениями в фазу колошения на 8,5-30,3 ц/га. Наиболее интенсивный прирост биомассы озимой пшеницы отмечен при совместном внесении медных и марганцевых удобрений (рис. 1).

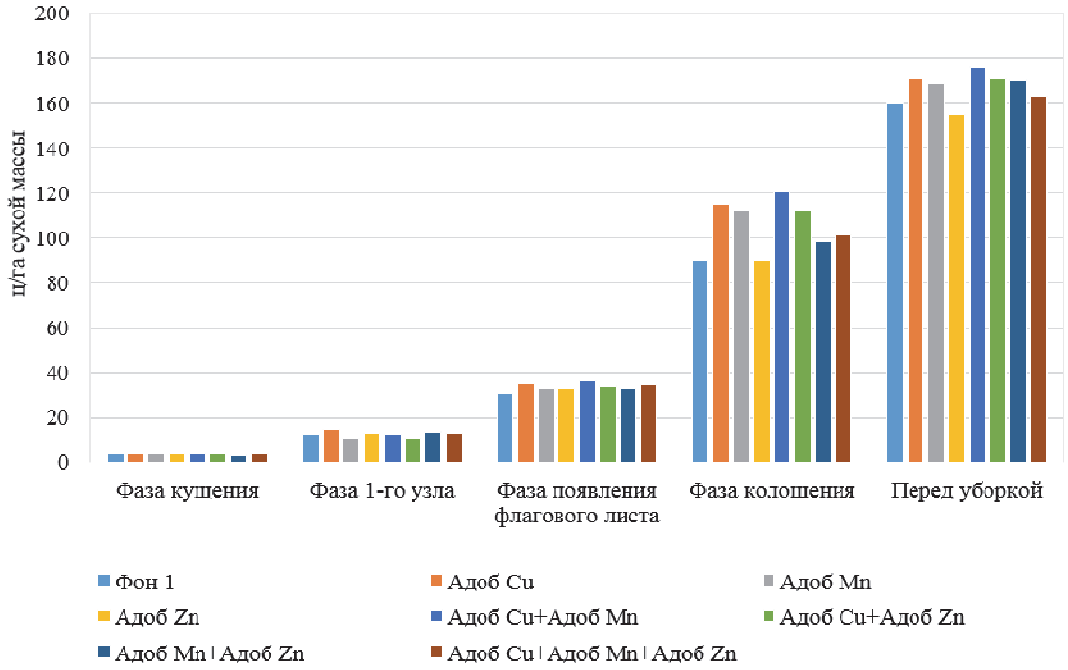


Рис. 1. Динамика роста и накопления биомассы озимой пшеницы на фоне с дробным внесением азотных удобрений в подкормку в дозе N_{160} (среднее за 2016–2017 гг.)

Так, применение медных и марганцевых удобрений в фазу 1-го узла увеличило накопление биомассы к фазе появления флагового листа на 5,9 ц/га, а некорневая подкормка в фазу появления флагового листа повышала прирост биомассы в фазу колошения на 30,3 ц/га по сравнению с фоном. Внесение медных удобрений также оказывало положительное действие на динамику накопления биомассы растениями озимой пшеницы. К фазе колошения прирост составлял 25,4 ц/га по сравнению с фоновым вариантом.

На фоне с дробным внесением азотных удобрений в подкормку в дозе N_{160}, фосфорных – P_{30} и калийных – K_{60} некорневые подкормки микроудобрениями АДОБ также способствовали повышению накопления массы растениями озимой пшеницы на 7,0-22,3 ц/га. Наиболее значительное увеличение биомассы отмечалось на варианте с внесением медных удобрений (рис. 2).

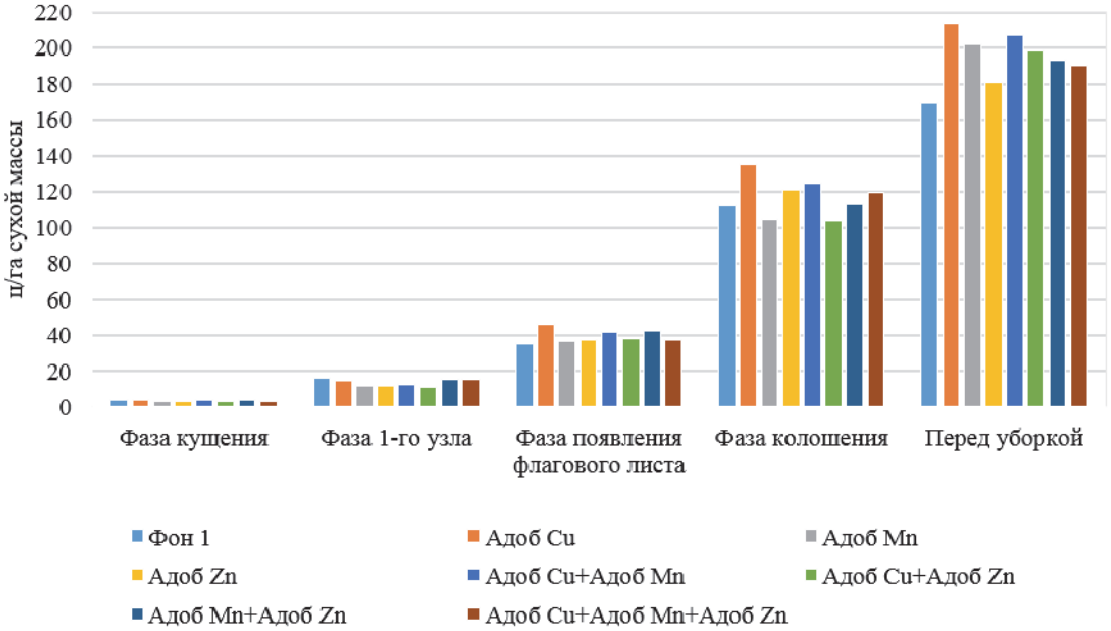


Рис. 2. Динамика роста и накопления биомассы озимой пшеницы на фоне с дробным внесением азотных удобрений в подкормку в дозе N_{160}, фосфорных – P_{30} и калийных – K_{60} (среднее за 2016–2017 гг.)

Проведение некорневой подкормки медными удобрениями в фазу 1-го узла увеличивало биомассу озимой пшеницы к фазе появления флагового листа на 11,2 ц/га. Внесение медных удобрений в фазу появления флагового листа увеличило накопление биомассы к фазе колошения на 22,3 ц/га по сравнению с фоном. Совместное применение медных и марганцевых удобрений повышало прирост биомассы в фазу колошения на 11,9 ц/га по сравнению с фоновым вариантом.

Выводы. Микроэлементы принимают активное участие в окислительно–восстановительных процессах, углеводном и азотном обмене, повышают интенсивность фотосинтеза, устойчивость к болезням и неблагоприятным факторам внешней среды, регулируют водный баланс растений, влияют на передвижение и перераспределение минеральных элементов по структуре растения. Под их влиянием в листьях увеличивается содержание хлорофилла, усиливается ассимилирующая деятельность всего растения. Доказано положительное влияние микроэлементов на многие свойства растений, обеспечивающие повышение урожайности. Они способны ускорять появление всходов, развитие растений, цветение и созревание плодов.

При изучении динамики накопления биомассы растениями озимой пшеницы установлено, что наиболее высокая интенсивность прироста биомассы отмечалась при проведении двукратной некорневой подкормки медными удобрениями и совместном применении медных и марганцевых удобрений и составляла 22,3–30,3 ц/га соответственно.

Литература

1. Шаганов И.А. Практические рекомендации по освоению интенсивной технологии возделывания озимых зерновых культур. Минск: Равнодействие, 2008. 180 с.
2. Вильдфлуш И.Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур. Минск: Беларус. навука, 2011. 293 с.
3. Анспок П.И. Микроудобрения: справочник. Л.: Агропромиздат, 1990. 272 с.
4. Богдевич И.М. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2007–2010). Минск, 2012. 275 с.
5. Рак М.В. Микроэлементы в почвах Беларуси и применение микроудобрений в современных агротехнологиях // Плодородие почв – основа устойчивого развития сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. и IV съезда почвоведов. Минск, 2010. Ч. 1. С. 14–17.
6. Лапа В.В. Агрохимические регламенты повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений: учеб. пособие. Горки: Белорус. гос. с.-х. акад., 2002. 48 с.
7. Лапа В.В., Босак В.Н. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности. Минск, 2002. 184 с.
8. Hempler K. Spuren- und Sekundärnährstoffe im Pflanzenbau. Frankfurt/M., 2001. 64 s.

DYNAMICS OF COMBINING BIOMASS BY WHEAT PLANTS IN NON-CORRECT CONFERENCES BY MICRO SUBJECTS OF ADOB O THE SODDY-PODZOLIC HIGH-CULTURED LIGHT-WEIGHT SOIL

N.S. Ivanova

Institute of Soil Science and Agrochemistry of NAS of Belarus, Belarus, Minsk, snatali15388@mail.ru

Summary. *The article presents data on the accumulation of biomass by plants of winter wheat in various phases of growth and development, with the use of foliar fertilization with microfertilizers of ADOB on sod-podzolic highly cultivated light loamy soil.*

Keywords: *microelements, wheat, fertilizers, soil, foliar top dressing, biomass, copper, zinc, manganese.*

УДК 631.632.95

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ВИНОГРАДА

Ф.Г. Исаева

Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана, Баку,
organic-fertilizer@bk.ru

Аннотация. *В данной статье рассматривается эффективность совместного применения органических удобрений с минеральными, а также золы в условиях серо-бурых почв. При использовании этих удобрений улучшается плодородие серо-бурых почв, а также повышается урожайность винограда.*

Ключевые слова: *почва, виноград, органические удобрения, зола, питательные элементы, урожай.*

Актуальность. Для получения высоких урожаев с/х культур необходимо ежегодное использование, раздельное использование органических и минеральных удобрений сопровождается получением высоких урожаев. Однако еще более высоких значений эффективности можно достичь при их совместном применении.

Совместное применение органических и минеральных удобрений имеет большое значение в условиях орошаемого земледелия. Еще в прошлом веке для повышения эффективности минеральных удобрений и более рационального использования навоза великий советский академик Прянишников Д.Н неоднократно подчеркивал необходимость их сочетания, указывая, на хорошее взаимодействие этих удобрений друг с другом [1]. При совместном внесении минеральных удобрений с навозом обеспечивается нормальное питание растений в течение более продолжительного времени [2].

При этом растения в первую очередь используют питательные вещества из быстро действующих минеральных удобрений, что совпадает с периодом наибольшей потребности растений в этих веществах [3]. Питательные элементы, содержащиеся в навозе, вначале менее доступны, растения используют их в более поздние периоды, когда после разложения органические вещества переходят в усвояемые формы [4].

При совместном внесении минеральных и органических удобрений создаются наиболее благоприятные условия для аммонифицирующей и нитрифицирующей активности серобурых почв Апшерона, значительно улучшается их питательный режим [5].

Известно, что зола – калийно-фосфорное удобрение. При этом количество золы, получаемой при сжигании обрезков виноградной лозы, значительно больше, чем других растений.

В 100 г сухого вещества древесины винограда содержится 3,2 г золы, которая имеет следующий средний состав (в %); калия – 3,2, натрия – 6,2, кальция – 34,5, магния – 6,5, окиси железа – 1,6, фосфорной кислоты – 10,8, хлора – 1,0, остаток – 1,7 [6].

Объект и методы исследования: Для изучения влияния совместного применения органических удобрений с минеральными, а также золы и винограда были заложены полевые опыты на серо-бурой почве Апшеронского полуострова Азербайджанской Республики. Работа проводилась в условиях орошения по следующей схеме: 1. Контроль (без удобрений); 2. Навоз 10 т/га; 3. Навоз 10 т/га + $N_{50}P_{25}K_{60}$; 4. Навоз 10 т/га + $N_{100}P_{50}K_{120}$; 5. Зола 2,5 т/га; 6. ФЗола 5,0 т/га; 7. Зола 7,5 т/га

Используемый сорт винограда «Аг шаны» – характерный для Апшеронского полуострова.

Опыты были проведены в четырехкратной повторности. Все кусты имели одинаковую нагрузку по 70–80 глазков.

Все агротехнические мероприятия, кроме внесения удобрений по вариантам опыта (вспашка, полив, борьба с вредителями и болезнями и др.) проводились одинаково, в соответствии с агроправилами, принятыми для данной зоны.

На полуострове, где проводились опыты, преобладают серо-бурые почвы. Почвы эти карбонатные, содержание гумуса невысокие, в верхних горизонтах 1,9%. В целом, все без исключения почвы Апшеронского полуострова очень бедны как органически, так и другими питательными веществами.

Эти почвы характеризуется следующими данными: валовой азот – 0,15%, фосфор – 0,19%, калий – 2,9%, легкогидролизуемый азот – 109,0мг/кг, сумма доступных форм азота – 19,7 мг/кг, подвижного фосфора – 21,0 мг/кг обменного калия – 247,6 мг/кг.

Усвояемых форм питательных элементов в нижних слоях почв содержится значительно меньше, чем в верхнем.

Проведенные исследования показали, что согласно данным агрохимической характеристики, почва опытного участка исследуемой территории слабо обеспечена подвижными элементами питания и при возделывании на ней различных культур, винограда в частности, нуждается во внесении удобрений.

Динамика питательных веществ в почве под виноградом в течение вегетации определяли в образцах, взятых с глубины 0–20 и 20–40 см.

В образцах определяли: поглощенный азот – колориметрическим методом (с помощью реактива Неслера); нитратный азот – по Грандваль-Ляжу (колориметрированием с дисульфофеноловой кислотой); подвижный фосфор – по Мачигину, обменный калий – по Д.М.Гусейнову и П.В.Протасову (на пламенном фотометре) [6].

Обсуждение результатов. Полученные результаты показали, что во всех случаях содержание питательных элементов в слое почвы 0–20 см выше, чем в слое 20–40 см, а в удобренных вариантах превосходило показатели контроля. Наибольшее количество почвенных питательных веществ наблюдается в фазе распускания почв, а к концу вегетации оно постепенно уменьшается. Это объясняется тем, что в начале вегетации, растение больше нуждается в питательных элементах и интенсивно их потребляет.

Как видно, в контрольном варианте в слое 0–20 см почвы в фазе распускания почек содержание суммы доступных форм азота составило – 18,8 мг/кг подвижного фосфора – 20,8мг/кг, обменного калия – 246,3 мг/кг, а в конце вегетации соответственно – 8,9 мг/кг, 15,6 и 231,6мг/кг.

Сравнивая далее варианты с отдельным внесением навоза (10 т/га) и совместным его применением с минеральными удобрениями (навоз 10 т/га $+N_{50}P_{25}K_{60}$ и навоз 10 т/га $+N_{100}P_{50}K_{120}$), легко убедиться в превосходстве последних. Так, в большем количестве накопление суммы доступных форм азота подвижного фосфора и обменного калия в слое 0-20см почвы наблюдается в варианте 10 т/га$+N_{100}P_{50}K_{120}$ (по срокам вегетации – 35,7; 30,0; 276,4мг/кг и 18,2; 24,4; 260,6 мг/кг).

Что касается вариантов с внесением золы, то при дозе ее 7,5т/га в слое 0-20 см почвы в фазе распускания почек содержание подвижного фосфора составило – 28,0 мг/кг, а обменного калия – 290,9 мг/кг, в конце вегетации соответственно – 24,6 и 259,6 мг/кг, превосходя контрольные показатели.

Таким образом, совместное внесение навоза с минеральными удобрениями способствует увеличению содержания в почве доступных растениям винограда форм азота, фосфора и калия.

Положительное действие органических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе винограда, значительно усиливается при совместном их применении с минеральными удобрениями.

Это показано работами ряда исследователей, которые придают большое значение совместному применению навоза с минеральными удобрениями в повышении урожайности винограда и подчеркивают, что раздельное применение минеральных и органических удобрений менее эффективно, чем совместное; рациональное сочетание этих видов удобрений дает возможность максимально повысить продуктивность виноградной лозы.

Результаты наших исследований еще раз подтвердили, что совместное внесение органических и минеральных удобрений эффективно влияет на урожай винограда. Так, в варианте с применением только 10 т/га навоза урожай винограда в среднем за 3 года составил – 162,6 ц/га,

что на 21,1 ц/га, или 10,9% больше контрольного. Внесение на этом фоне минеральных удобрений (навоз 10т/га +$N_{100}P_{50}K_{120}$) позволило увеличить средний урожай до 188,2 ц/га, т.е. прибавка по сравнению с контролем составила – 41,7ц/га, или 28,4%, а к фону – 15,7%.

Отдельное применение золы также позволяет достичь увеличения урожая винограда. При этом более эффективна доза 7,5т/га золы – урожай в этом варианте составил – 162,2ц/га – прибавка к контролю 15,7ц/га, или 10,7%.

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о том, что применение навоза с минеральными удобрениями и раздельное – золы благоприятно действует на динамику усвояемых форм питательных элементов, в почве под виноградом сорта «Аг шаны», а также увеличение урожая.

Литература

1. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. М.: Колос, 1965. 58 с.

2. Буматов М.Г. Совместное внесение навоза и минеральных удобрений в виноградниках // Виноделие и виноградарство. 1967. № 3. С. 38–40.

3. Бунович Н.А. Результаты исследований по научению выноса элементов питания в виноградниках Молдавии. Научно технический прогресс в винограднике и виноделий. Кишинев, 1980. С. 78–80.

4. Серпуховитина К.А. Удобрение, урожай и качество винограда. Краснодар, 1969. 70 с.

5. Джумшудов Н.И. Биологическая активность серо-бурых почв Апшерона при внесении удобрений под культуру маслины: автореф. дис. ... канд. с/х наук. Баку, 1967. 22 с.

6. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почвы. М., 1970. 478 с.

INFLUENCE OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS ON THE CONTENT OF NUTRIENTS IN SOIL AND YIELD OF GRAPES

F.G. Isayeva

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, organic-fertilizer@bk.ru

Summary. *This article examines the effectiveness of joint application of organic fertilizers with mineral fertilizers, as well as ash in conditions of gray-brown soils. When using these fertilizers, the fertility of gray-brown soils improves, and the yield of grapes increases.*

Keywords: *soil, grapes, organic fertilizers, ashes, nutrients, harvest.*

УДК 633.63:631.87:631.45:576.80

СОДЕРЖАНИЕ ЩЁЛОЧНОГИДРОЛИЗУЕМОГО АЗОТА В ПОЧВЕ И УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ ПОСЛЕ ЗАПАШКИ СОЛОМЫ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С МИКРОМИЦЕТОМ HUMICOLA FUSCOATRA

М.В. Колесникова, И.В. Черепухина, Н.В. Безлер

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова, Рамонь, emarvlad@mail.ru

Аннотация. *В статье представлены результаты полевых опытов, которые показали, что совместная запашка соломы озимой пшеницы с целлюлозолитическим микромицетом, азотом и питательной добавкой способствует накоплению щелочногидролизуемого азота в почве на протяжении нескольких лет. В результате, урожайность сахарной свёклы выросла на 26,5%.*
Ключевые слова: *штамм целлюлозолитического микромицета, запашка соломы, озимая пшеница, щелочногидролизуемый азот, урожайность, сахарная свёкла.*

За последние годы в сельскохозяйственном производстве резко сократилось применение органических удобрений в связи с недостаточным объемом их заготовок и высокой энергозатратностью.

В повышении урожаев сахарной свеклы особая роль принадлежит органическим удобрениям, которые являются богатым источником основных элементов питания и микроэлементов, активизируют микробиологические процессы в почве, снижают ее кислотность, повышают содержание углекислого газа в приземном воздухе и обогащают почву гумусом [1].

Одним из наиболее доступных, мало затратных и постоянно возобновляемых источников органических удобрений может быть солома зерновых культур. По данным научных исследований при урожае зерна озимой пшеницы в 30 ц/га с запаханной соломой в почву возвращается 30–35 кг азота, 6–8 кг фосфора и 60–70 кг калия в действующем веществе на гектар. Кроме того, в соломе содержится некоторое количество серы, кальция, магния и различных микроэлементов. Систематическое внесение соломы увеличивает содержание гумуса в почве, улучшает её агрофизические свойства, положительно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур [2].

В зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения ЦЧР период разложения соломы озимой пшеницы значительно удлиняется. Солома полностью разлагается за 3-5 лет в зависимости от погодных условий года. Кроме того, её внесение в почву сопровождается нежелательными процессами: иммобилизацией азота и повышением фитотоксичности почвы. Для восполнения потерь азота необходимо использовать азотные удобрения. А ускорить её разложение и снизить токсичность почвы можно с помощью специализированных микроорганизмов.

В ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова» в коллекции эффективных и фитопатогенных микроорганизмов ЦЧР находится штамм микромицета, обладающий выраженным целлюлозолитическим действием. Его идентифицировали во Всероссийской Коллекции Промышленных Микроорганизмов ФГБУ ГосНИИГенетика, как *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016. В 2006 г. установили, что с помощью штамма *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 скорость разложения соломы озимой пшеницы увеличивается на 50%. В 2007-2008 гг. в мелкоделяночных опытах выявили, что запашка соломы озимой пшеницы совместно с азотом, микромицетом *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 и питательной добавкой приводила к повышению плодородия почвы и продуктивности сахарной свёклы [3]. В 2009 г. расширение опыта до масштаба близкого к производственному подтвердило результаты предыдущих исследований: урожайность сахарной свёклы увеличилась на 25% [4].

В 2012-2015 гг. было продолжено изучение штамма *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 в технологии возделывания культуры на фоне двух видов минеральных удобрений.

Полевой опыт был заложен на новом опытном поле ВНИИСС в паровом звене зернопаропропашного севооборота с чередованием культур: пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень. Площадь посевной делянки 27 м^2, повторность 4-кратная, размещение вариантов систематическое.

Осенью внесли солому озимой пшеницы из расчета 4 т/га и провели дисковое лущение. Затем, внесли: целлюлозолитический микромицет, питательную добавку и минеральный азот. Микромицет (штамм *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016) использовали в виде инокулюма, который готовили путем компостирования питательного субстрата, согласно методу инфицирования почвы [5]. В качестве питательной добавки (ПК) использовали патоку (мелассу) в разведении (1:1000) с водопроводной водой. ПК вносили с помощью ранцевого опрыскивателя из расчета 200 л/га рабочего раствора. Минеральный азот использовали в дозе 40 кг/га д. в. В качестве источника азота применяли аммиачную селитру и азофоску. После внесения всех компонентов согласно схеме опыта, провели зяблевую вспашку.

Весной высевали гибрид сахарной свёклы Рамоза. Технология возделывания культуры − общепринятая для ЦЧР.

В почвенных образцах, отобранных в динамике (май, июль, сентябрь), определяли содержание щелочногидролизуемого азота по Корнфильду [6].

Урожайность корнеплодов учитывали весовым методом, сахаристость определяли на автоматической линии VENEMA, сбор сахара – расчетным методом. Полученные результаты подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа [7].

Четырёхлетние наблюдения показали, что после запашки соломы озимой пшеницы в начале вегетации сахарной свёклы содержание щелочногидролизуемого азота в почве снизилось в сравнении с контролем на 1,7 мг/кг. Объясняется это иммобилизацией азота микроорганизмами в процессе разложения соломы. При внесении соломы с азотными удобрениями этот процесс не наблюдался, и содержание щелочногидролизуемого азота в почве превышало контроль. Наибольшее содержание этого элемента в почве выявлено после запашки соломы озимой пшеницы совместно с микромицетом *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 в комплексе с аммиачной селитрой и ПК, где оно увеличилось в сравнении с контролем в 2,5 раза (рис. 1).

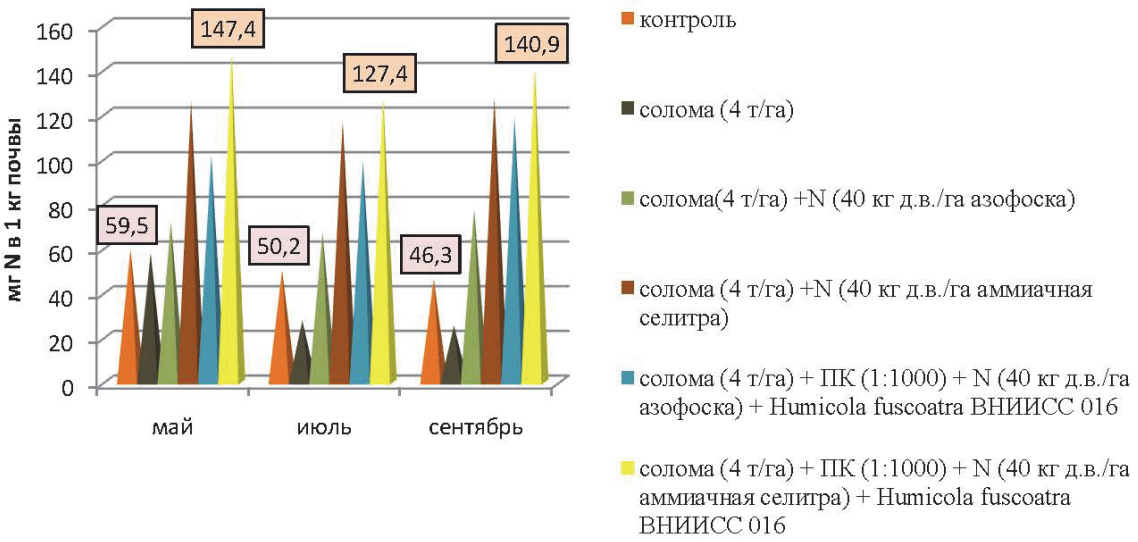
В период интенсивного роста культуры, в июле, его содержание в почве снизилось, что связано с активным поглощением азота сахарной свёклой.

К концу вегетационного периода в контроле и после запашки соломы содержание щелочногидролизуемого азота в почве закономерно снижалось, в связи с поглощением его культурой для формирования урожая. Количество этой формы азота осталось максимальным после внесения соломы совместно с микромицетом *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016, аммиачной селитры и ПК, где оно составило 140,9 мг/кг, что выше контроля в 3 раза.

Таким образом, использование *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 совместно с аммиачной селитрой и ПК способствовало стабилизации количества этой формы азота в почве на уровне выше 125 мг в 1 кг на протяжении всего вегетационного периода. Следует отметить, что повышение содержания щелочногидролизуемого азота в почве не оказывает отрицательного влияния на технологические качества корнеплодов, что подтверждают исследования предыдущих лет.

Анализ данных по продуктивности культуры показал, что запашка 4 т/га соломы озимой пшеницы привела к появлению всего лишь тенденции роста урожайности сахарной свёклы. Прибавка урожая составила 1,0 т/га. Сахаристость при этом увеличилась на 0,3%. Из-за низкой урожайности культуры отметили рост сбора сахара, но только на уровне тенденции (таблица).

Внесение совместно с соломой азофоски и аммиачной селитры из расчёта 40 кг д.в./га азота способствовало повышению урожайности корнеплодов на 4,6 т/га и сахаристости – на 0,4 и 0,3%, но всё это не привело к достоверному увеличению сбора сахара.Использование целлюлозолитического микромицета *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 с разными формами минеральных удобрений позволило повысить урожайность сахарной свеклы соответственно на 6,9 и 8,9 т/га.



$НСР_{05}$ влияние года = 2,0; $НСР_{05}$ влияние варианта = 2,7.

Рис. 1. Динамика содержания щелочногидролизуемого азота в почве в посевах сахарной свёклы (2012–2015 гг.)

Продуктивность сахарной свёклы (2012–2015 гг.)

Вариант	Урожайность		Сахаристость		Сбор сахара	
	т/га	± d	%	± d	т/га	± d
контроль	33,6		16,9		5,7	
солома (4 т/га)	34,6	1,0	17,2	0,3	6,0	0,3
солома(4 т/га) +N (40 кг д.в./га азофоска)	38,2	4,6	17,3	0,4	6,6	0,9
солома (4 т/га) +N (40 кг д.в./га аммиачная селитра)	38,2	4,6	17,2	0,3	6,6	0,9
солома (4 т/га) + ПК (1:1000) + N (40 кг д.в./га азофоска) + *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016	40,5	6,9	17,0	0,1	6,9	1,2
солома (4 т/га) + ПК (1:1000) + N (40 кг д.в./га аммиачная селитра) + *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016	42,5	8,9	17,2	0,3	7,3	1,6
$НСР_{05}$ влияние года $НСР_{05}$ влияние варианта		1,1 1,5	0,2 нет		1,0 1,1	

Максимальная прибавка урожая культуры отмечена при запашке соломы озимой пшеницы совместно с микромицетом, питательной добавкой в комплексе с аммиачной селитрой (8,9 т/га). Сахаристость выросла на 0,3%, что привело к увеличению сбора сахара на 1,6 т/га.

Заключение. Четырехлетние исследования показали, что использование при запашке соломы озимой пшеницы минерального удобрения препятствует увеличению иммобилизации азота при разложении субстрата в почве. Внесение целлюлозолитического микромицета *Humicola fuscoatra ВНИИСС 016* совместно с питательной добавкой ускоряет разложение органического удобрения и повышает содержание щелочногидролизуемого азота в почве. В результате, урожайность сахарной свеклы увеличивается на 26,5%.

Таким образом, для увеличения продуктивности сахарной свёклы, а также сохранения и повышения эффективного плодородия почвы рекомендуется использовать солому озимой пшеницы с аммиачной селитрой и целлюлозолитическим микромицетом *Humicola fuscoatra ВНИИСС 016.*

Литература

1. Черный А.Г. Смуров С.И., Хмельницкий А.А. Влияние биологизации земледелия на продуктивность посевов // Сахарная свекла. 2005. № 7. С. 33.

2. Полевщиков С.И., Скорочкин Ю.П., Брюхова З.Я. Солома – важный резерв органических удобрений // Современные проблемы отрасли растениеводства и их практические решения: Материалы научно – практической конференции 23 марта 2007 г. Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2007. С. 92–95.

3. Колесникова М.В., Безлер Н.В. Биологический способ воспроизводства плодородия почвы в посевах сахарной свеклы // Земледелие. 2013. № 4. С. 6–8.
4. Колесникова М.В., Безлер Н.В. Повышение продуктивности сахарной свёклы за счёт интродукции целлюлозолитического микромицета в технологию возделывания культуры // Сахарная свекла. 2015. № 6. С. 14–16.
5. Инфекционные фоны в фитопатологии / ред. Ю.Н. Фадеева. М.: Колос, 1979. 206 с.
6. Соколов А.В. Агрохимические методы исследования почв М.: Колос, 1975. 215 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.

CONTENT ALKALINE-HYDROLYZABLE NITROGEN IN SOIL AND YIELD OF SUGAR BEET OF PLOWING OF WINTER WHEAT STRAW WITH *HUMICOLA FUSCOATRA VNIISS 016*

M.V. Kolesnikova, I.V. Cherepuhina, N.V. Bezler

Federal State Budgetary Scientific Institution “The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar”, Ramon, emarvlad@mail.ru

Summary. *In the article, the results of field experiments are presented. They have shown that plowing in soil together with celluloselytic micromycete, nitrogen and nutrient additive promotes accumulation of alkaline-hydrolyzable nitrogen in soil during several years. As a result, yield of sugar beet has increased correspondingly by 26.5%.*

Keywords: *celluloselytic micromycete strain, straw plowing in soil, winter wheat, alkaline-hydrolyzable nitrogen, yield, sugar beet.*

УДК 631.45

ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ ДРЕВЕСНОГО БИОУГЛЯ В СЕРУЮ ЛЕСНУЮ ПОЧВУ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРОХА ПОСЕВНОГО

Т.Г. Кольцова[1], В.И. Кулагина[1], А.Н. Грачев[2], Л.М. Сунгатуллина[1]

[1] Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, t@koltcov.com
[2] Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, energolesprom@gmail.com

Аннотация. *Исследовано влияние внесения различных концентраций березового биоугля в серую лесную почву на всхожесть семян и интенсивность начального роста проростков гороха посевного. Установлено, что 2% содержание биоугля в серой лесной почве оказывает стимулирующее воздействие на всхожесть семян и продуктивность проростков тест-культуры.*
Ключевые слова: *биоуголь, почва, горох, всхожесть, биомасса.*

Актуальность. В настоящее время в России и за рубежом возрастает интерес к использованию биоугля в качестве экологически безопасного почвоулучшителя и способа повышения продуктивности растений [1]. Существуют противоречивые данные о влиянии биоугля на продуктивность растений. В одних работах отмечается положительное воздействие биоугля на рост и продуктивность растений, в других исследованиях влияние биоугля статистически не доказано или не однозначно [2]. Трудности изучения биоугля и его влияния на почву также связаны с тем, что биоуголь может обладать очень разными свойствами в зависимости от используемого исходного органического сырья и режима термической обработки [3].

Будучи материалом с высокой пористостью и механической прочностью, а также низкой эластичностью, биоуголь может улучшить агрегатное состояние почвы, увеличить еѐ общую пористость, водоудерживающую способность, а также повысить сопротивление почв к механическим нагрузкам [3]. Кроме того, биоуголь способствует повышению активности, группового и функционального разнообразия почвенного микробного сообщества [3]. Показано, что применение биоугля может способствовать достоверному снижению эмиссии N_2O и CO_2. Переработка биомассы растений в биоуголь и его внесение в почву в форме ароматических органических соединений, труднодоступных для почвенных микроорганизмов, приводит, с одной стороны, к уменьшению эмиссии углекислого газа и снижению «парникового» эффекта, с другой стороны, к накоплению углерода в почвах [3].

Таким образом, целью нашего исследования стало изучение влияния внесения различных доз древесного биоугля в серую лесную почву на прорастание семян и интенсивность начального роста проростков гороха посевного.

Объекты и методы исследования. Используемый в опыте древесный биоуголь получен на пилотной установке быстрого пиролиза компании ООО «ЭнергоЛесПром» на базе Казанского национального исследовательского технологического университета [4, 5]. Сырьем для производства биоугля послужила щепа из спелой стволовой древесины березы влажностью 8±2%. Средняя температура в реакторе пиролиза составляла 500±15°С. Полученный биоуголь обладал следующими свойствами: влажность – 2,75%, зольность – 1,44%, выход летучих веществ – 19,29%, нелетучий углерод – 77,95%, высшая теплота сгорания – 31601 кДж/кг.

Для эксперимента использован пахотный горизонт (0-20см) серой лесной среднесуглинистой почвы из Верхнеуслонского района Республики Татарстан (РТ) со средним содержанием гумуса (4,5%), низкой обеспеченностью валового азота (0,11%), средним содержанием подвижного фосфора (88,3 мг/кг) и обменного калия (64,2 мг/кг), нейтральной (pHвод =6,9) реакцией среды почвенного раствора.

В качестве тест-культуры для фитотестирования использованы семена гороха (*Pisum sativum* L.) сорта «Ватан», возделываемого на территории Республики Татарстан. Лабораторная всхожесть семян тест-культуры, определенная согласно ГОСТ 12038-84 [6], составила 98,6%.

Постановка лабораторного опыта по фитотестированию серой лесной почвы с внесением древесного биоугля осуществлялась согласно «Методике выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно загрязненных почв» (ФР.1.39.2006.02264) [7].

Семена высаживались в чашки Петри, в каждой из которых находилось по 25г испытуемой почвы с различной концентрацией биоугля – 1%, 2%, 5%. В качестве контроля использовалась почва без внесения биоугля. Норма высева семян в каждом параллельном определении (чашке Петри) составила 20 шт. Глубина заделки семян – 1–2 мм. Полив проростков производили дистиллированной водой по весу, таким образом, чтобы влажность почвы поддерживалась на уровне 60% от полной влагоемкости. Чашки Петри выдерживались в помещении лаборатории при искусственном освещении и температуре воздуха 23–25°С. Опыт проводился в 4-кратной повторности.

В соответствии с требованиями методики [7] на 5 день проводилось измерение (с точностью до 1 мм) всхожести, а также сырой биомассы зеленых проростков и корней тест-культуры. Величину сухой наземной и подземной фитомассы проростков в каждой чашке Петри определяли после высушивания до постоянного веса в термостате при температуре 65°С с точностью до 0,0001 г.

Достоверность различий между средними значениями оценивали по t-критерию Стьюдента (t_{St}) при $p<0,05$. Расчет сырой и сухой биомассы проростков и корней тест-культур проводили в виде среднего значения от проросших семян.

Обсуждение результатов. В результате проведенного эксперимента установили, что средняя всхожесть семян гороха в контрольном варианте составила 90,0% (рис. 1). Согласно полученным данным всхожесть семян гороха достоверно выше на 6,3% при внесении 1% (t_{St}=5,0; p=0,002) и 2% (t_{St}=5,0; p=0,002) биоугля в серую лесную почву по сравнению с контрольными значениями (рис. 1). При 5% концентрации биоугля в почве всхожесть семян гороха достоверно не отличается от контроля (рис. 1).

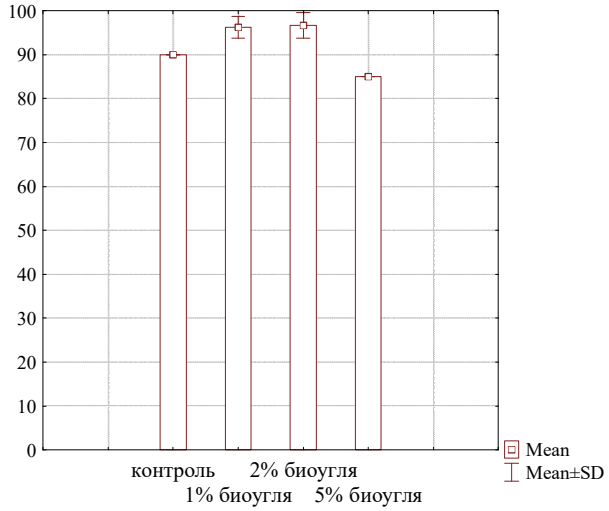


Рис. 1. Средняя всхожесть семян гороха при разных концентрациях внесения древесного биоугля в серую лесную почву

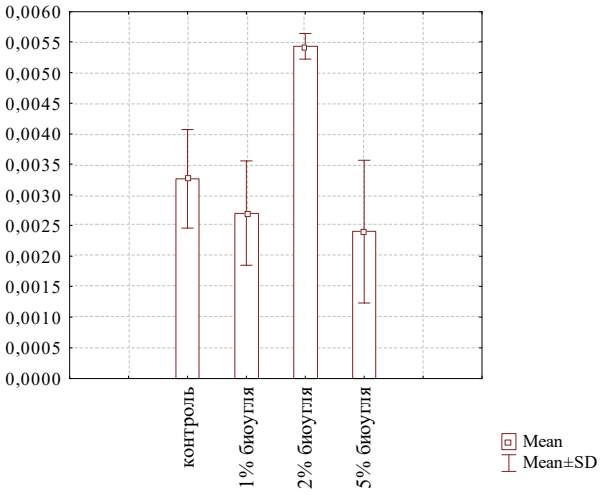


Рис. 2. Средняя сухая биомасса проростка гороха при разных концентрациях внесения древесного биоугля в серую лесную почву

Выявлено, что средняя сырая биомасса корней проростка гороха в контрольном варианте составила 0,014г. В ходе исследования установлено достоверно значимое повышение сырой биомассы корней проростка гороха в 2,3 раза (или на 127,1%) (t_{St}=4,4; p=0,01) по сравнению с контрольным вариантом при 2% содержании березового угля в серой лесной почве. При этом сырая биомасса корней проростка гороха при 2% внесении биоугля в почву статистически значимо превышает данное значение при 1% концентрации биоугля в почве в 2,1 раза (или на 115,6%) (t_{St}=3,3; p=0,02), при 5% концентрации – почти в 2,0 раза (или на 99,8%) (t_{St}=3,9; p=0,01).

Полученные в ходе исследования результаты по сухой биомассе корней проростков тест-культуры при различном содержании березового биоугля в серой лесной почве согласуются с таковыми по сырой биомассе. Средняя сухая биомасса корней проростка гороха составила в контроле 0,0031 г. Стимулирующими свойствами для корней проростка гороха посевного обладает серая лесная почва с 2% содержанием березового угля, значение сухой биомассы которых на 55,4% (t_{St}=5,0; p=0,007) достоверно выше контрольных, на 70,3% (t_{St}=2,6; p=0,04) выше показаний при 1% внесении биоугля в почву и на 76,5% (t_{St}=3,0; p=0,02) – при 5% концентрации биоугля.

В ходе эксперимента установили, что средняя сырая биомасса проростка гороха составила в контроле 0,028г, средняя сухая – 0,0032 г. Результаты, полученные по биомассе проростков гороха, полностью согласуются с рассмотренными данными по биомассе корней проростков тест-культуры. Содержание 2% березового биоугля в серой лесной почве приводит к статистически значимому увеличению сырой биомассы проростка гороха на 72,6% (t_{St}=4,1; p=0,01) и сухой биомассы проростка гороха – на 66,3% (t_{St}=4,4; p=0,01) по сравнению с контрольными значениями (рис. 2). Сырая и сухая биомассы проростка гороха при 2% концентрации биоугля в почве достоверно выше, чем при 1% внесении биоугля в почву в 2,2 раза (t_{St}=6,4; p=0,001) и в 2,0 раза (t_{St}=5,3; p=0,003) соответственно, а также выше значений при 5% внесении биоугля в почву в 2,5 раза (t_{St}=5,5; p=0,002) и 2,2 раза (t_{St}=4,3; p=0,007) соответственно.

Достоверного уменьшения всхожести семян, сырой и сухой биомассы зеленых проростков и корней гороха посевного в испытуемых вариантах с различным содержанием березового биоугля в почве по сравнению с контролем не зафиксировано.

Полученные нами результаты в некоторой степени согласуются с литературными данными, приведенными по фитотестированию березового угля на дерново-подзолистой почве РТ. В работе [1] показано, что внесение биоугля в почву в ходе хронического вегетационного опыта не оказало токсического действия на рост и развитие растений пшеницы и гороха, по средним значениям биомассы и длины надземного побега выявлено стимулирующее действие биоугля, наиболее эффективное для пшеницы при 2% концентрации, для гороха – 5%. Однако авторы отмечают, что разница по биомассе растений пшеницы между вариантами опыта с внесением угля и контролем не достоверна.

Выводы. Таким образом, обобщая все полученные экспериментальные данные, можно заключить, что внесение в серую лесную почву Верхнеуслонского района РТ березового биоугля в количестве 1%, 2% и 5% не оказывает токсического воздействия на растения гороха посевного сорта «Ватан», поскольку достоверно значимого снижения от контрольных показателей по рассматриваемым параметрам нами не обнаружено. Кроме того, фитотестирование березового биоугля показало стимулирующее воздействие 2% концентрации биоугля в серой лесной почве на всхожесть семян и продуктивность проростков гороха.

Считаем необходимым проведение фитотестирования березового биоугля на разных типах почв РТ с использованием различных тест-культур для разработки региональных нормативов его применения в качестве потенциального мелиоранта.

Литература

1. Григорьян Б.Р., Грачев А.Н., Кулагина В.И., Сунгатуллина Л.М., Кольцова Т.Г., Рязанов С.С. Влияние биоугля на рост растений, микробиологические и физико-химические показатели мало гумусированной почвы в условиях вегетационного опыта // Вестник технологического ун-та. 2016. Т. 19, № 11. С. 185–189.

2. Кулагина В.И., Григорьян Б.Р., Грачев А.Н., Рязанов С.С., Кольцова Т.Г. Фитотестирование водной вытяжки как биологический метод интегральной оценки влияния биоугля на почву // Вестник технологического ун-та. 2017. Т. 20, № 14. С. 128–133.

3. Рижия Е.Я., Бучкина Н.П., Мухина И.П., Белинец А.С., Балашов Е.В. Влияние биоугля на свойства образцов дерново-подзолистой супесчаной почвы с разной степенью окультуренности (лабораторный эксперимент) // Почвоведение. 2015. № 2. С. 211–220.

4. Грачев А.Н., Макаров А.А., Забелкин С.А., Башкиров В.Н. Термохимическая переработка лигноцеллюлозного сырья в биотопливо и химические продукты // Вестник технологического ун-та. 2013. Т. 16, № 21. С. 109–111.

5. Патент РФ №2395559. Способ термической переработки органосодержащего сырья. 2009.

6. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

7. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно загрязненных почв Федеральный реестр ФР.1.39.2006.02264. СПб., 2009. 19с.

INFLUENCE OF THE APPLICATION OF WOOD BIOCHAR IN THE GREY FOREST SOIL ON THE PRODUCTIVITY OF PEA

T.G. Koltsova[1], V.I. Kulagina[1], A.N. Grachev[2], L.M. Sungatullina[1]

[1] Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Russia, Kazan, t@koltcov.com
[2] Kazan National Research Technological University, Russia, Kazan, energolesprom@gmail.com

Summary. *The influence of the application of various concentrations of birch biochar in the grey forest soil on the seed germination and the intensity of initial growth of pea seedlings was studied. It was found that 2% of the content of biochar in gray forest soil has a stimulating effect on the seed germination and productivity of seedlings of the test culture.*

Keywords: *biochar, soil, pea, germination, biomass.*

УДК 631.445.4

ВЛИЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА

Г.М. Мамедов[1], З.Б. Мамедбекова[1], Р.И. Османов[2], Р.Н. Ибрагимли[2]

[1] Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана, Баку
[2] Научно-исследовательский институт земледелия Министерства сельского хозяйства Азербайджана, Баку, goshgarmm@mail.ru

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы, связанные с динамикой аммиачного и нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия под культурой томата возделываемого в орошаемых лугово-лесных почвах северо-восточной части Большого Кавказа, где под влиянием органических и минеральных удобрений вносимых в почву как раздельно, так и в сочетании с эквивалентным количеством органическими удобрениями по фазам роста и развития культуры. Установлена закономерность поступления питательных веществ в культуру и наиболее эффективные дозы внесения удобрений, способствующие усвоению большего количества питательных веществ и получению высококачественной продукции.*
Ключевые слова: *удобрение, питательные вещества, томаты, динамика, плодородие почв.*

Актуальность. Изучение плодородия почв требует фундаментальных исследований позволяющих установить закономерность изменения плодородия почв в зависимости от факторов изменяющих этот показатель [1, 2, 3].

При применении системы удобрений необходимо учитывать все факторы оказывающие влияние на отзывчивость культуры на внесение удобрений, почвенно-климатические условия, обеспеченность растений питательными веществами, дозы и соотношение вносимых удобрений по фазам роста и развития культуры, что позволит рекомендовать производству наиболее эффективное сочетание доз и соотношений минеральных и органических удобрений и установить эффективную дозу их внесения способствующую получению высокого урожая возделываемых культур [4, 5].

Объекты и методы исследования. Объектом исследований являются орошаемые лугово-лесные почвы Азербайджана расположенные в северо-восточной части Большого Кавказа в Губа-Хачмазской зоне под овощными агроценозами.

Все агрохимические мероприятия, кроме внесения удобрений проводились согласно агроправилам принятым для данной зоны. Полевые и лабораторные исследование выполнялись по общепринятым методикам [6]. Опыты были заложены по следующей схеме: 1. Контроль без удобрений; 2. $N_{108}P_{90}K_{102}$ (эквивалентно 6 т/га биогумуса); 3. 6 т/га биогумуса; 4. $N_{54}P_{45}K_{51}$ + 3 т/га биогумуса; 5.$N_{36}P_{30}K_{34}$ + 4 т/га биогумуса; 6. $N_{126}P_{105}K_{119}$ (экв. 7 т/га биогумуса); 7. 7 т/га биогумуса; 8. $N_{63}P_{52,5}K_{59,5}$ + 3,5 т/га биогумуса; 9. $N_{36}P_{30}K_{34}$ + 5 т/га биогумуса. В биогумусе содержится 18% N, 15% P_2O_5, 17% K_2O.

Обсуждение результатов. В проводимых исследованиях изучали динамику содержания аммиачного (поглощенного) нитратного азота, подвижного фосфора, и объемного калия на орошаемых лугово-лесных почвах северо-восточной части Большого Кавказа.

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 1, 2. Как видно из представленных в табл. 1 данных динамика поглощения питательных веществ культурой томата характеризуется, определенной закономерностью: максимум потребления питательных веществ растениями из почвы приходится на период массового цветения культуры. Такое положение характерно, как и при разделённом, так и при совместном внесении минеральных и органических удобрений, дозы и соотношение которых оказывали существенное влияние на этот процесс.

Результаты проведенных исследований показали, что наиболее эффективным вариантом в опыте является $N_{36}P_{30}K_{34}$ + 5,0 т/га биогумуса при применении которого, отмечались максимальные значения в усвоении почвой питательных веществ (аммиачного и нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия).

Таблица 1

Влияние удобрений на динамику содержания аммиачного (поглощенного) и нитратного азота под культурой томата в орошаемых лугово-лесных почвах северо-восточной части Большого Кавказа

№	Схема опыта	Глубина взятия образцов, см	N/NH_4 (поглощенный) мг/кг почвы			N/NO_3 мг/кг почвы		
			Массовое цветение 12.VI	Образование плодов (2-3 к)02.VII	Конец сбора урожая 16.IX	Массовое цветение 12. VI	Образование плодов 2-3 к 02.VII	Конец сбора урожая 16. IX
1	Контроль (без удобрений)	0–20 20–40	14,25 9,52	12,43 7,61	6,37 4,20	8,95 6,82	6,73 5,14	3,14 2,05
2	$N_{108}P_{90}K_{102}$ (экв. 6 т/га биогумуса)	0–20 20–40	20,35 16,32	17,84 14,05	12,74 9,41	14,73 10,85	12,51 7,96	9,36 5,72
3	6 т/га биогумуса	0–20 20–40	22,11 17,45 24,83 19,56	19,23 15,26	14,67 11,71	15,41 11,12	13,32 8,65	10,07 5,83
4	$N_{54}P_{45}K_{51}$ + 3 т/га биогумуса	0–20 20–40	24,83 19,56	21,37 17,54	16,34 13,56	17,85 13,17	15,21 9,45	9,82 6,57
5	$N_{36}P_{30}K_{34}$ + 4 т/га биогумуса	0–20 20–40	25,37 20,08	23,31 18,62	18,28 14,19	18,63 14,07	16,87 10,05	10,95 6,97
6	$N_{126}P_{105}K_{119}$ (экв.7 т/га биогумуса)	0–20 20–40	23,72 18,16	21,36 16,07	16,17 12,43	16,78 12,26	14,55 9,24	9,93 6,87
7	7 т/га биогумуса	0–20 20–40	27,42 22,14	23,51 20,42	18,12 14,09	19,26 15,08	16,12 9,87	10,14 6,95
8	$N_{63}P_{52,5}K_{59,5}$+3,5 т/га биогумуса	0–20 20–40	29,08 23,51	26,65 21,37	20,12 15,13	20,42 16,25	15,92 9,36	9,17 6,25
9	$N_{36}P_{30}K_{34}$+5,0 т/га биогумуса	0–20 20–40	30,67 24,39	27,43 22,18	19,35 14,71	21,53 15,78	14,52 8,23	8,35 5,42

Таблица 2

Влияние удобрений на динамику содержания подвижного фосфора и обменного калия под культурой томата в орошаемых лугово-лесных почвах в северо-восточной части Большого Кавказа

№	Схема опыта	Глубина взятия образцов, см	Фосфор P_2O_5			Калий K_2O		
			Массовое цветение 12.VI	Образование плодов (2-3 к)02.VII	Конец сбора урожая 16.IX	Массовое цветение 12. VI	Образование плодов 2-3 к 02.VII	Конец сбора урожая 16. IX
1	Контроль (без удобрений)	0–20 20–40	26,23 20,17	23,18 16,56	18,07 15,15	212,16 181,31	195,12 181,07	168,54 135,23
2	$N_{108}P_{90}K_{102}$ (экв. 6 т/га биогумуса)	0–20 20–40	32,56 24,58	28,34 20,61	21,09 15,62	229,72 217,26	215,16 208,34	172,45 137,18
3	6 т/га биогумуса	0–20 20–40	34,45 26,12	29,65 21,17	22,17 16,35	231,43 219,77	214,72 209,58	180,61 139,24
4	$N_{54}P_{45}K_{51}$+ 3 т/га биогумуса	0–20 20–40	38,55 30,54	27,34 21,36	20,15 14,92	237,45 246,12	211,17 204,24	182,73 141,65
5	$N_{36}P_{30}K_{34}$+ 4 т/га биогумуса	0–20 20–40	39,41 31,87	26,28 20,06	21,72 15,23	289,64 248,50	210,76 203,61	184,75 145,32
6	$N_{126}P_{105}K_{119}$ (экв. 7 т/га биогумуса)	0–20 20–40	36,73 28,25	28,53 22,62	21,36 15,57	244,52 233,07	213,45 205,82	183,56 142,70
7	7 т/га биогумуса	0–20 20–40	40,80 32,63	25,12 19,18	20,12 13,96	274,26 250,14	209,45 202,83	178,86 140,13
8	$N_{63}P_{52,5}K_{59,5}$ + 3,5 т/га биогумуса	0–20 20–40	41,76 33,23	25,78 19,56	19,76 12,81	273,73 252,56	207,75 202,15	168,95 141,67
9	$N_{36}P_{30}K_{34}$ + 5,0 т/га биогумуса	0–20 20–40	43,16 34,71	25,92 20,12	18,63 11,78	286,75 261,16	206,58 201,35	166,82 145,38

В усвоении питательных веществ растениями отмечена характерная закономерность. Максимальные значения вышеуказанной величины приходится на период массового цветения, а минимальные на конец сбора урожая, что связано с интенсивным усвоением элементов питания в этот период.

Проведенные исследования позволили определить оптимальные соотношения внесения минеральных и органических удобрений, которые были наиболее эффективными как с экономической, так и с экологической точки зрения, усовершенствовать систему удобрений, улучшающую плодородие естественных окультуренных агроценозов и их агрохимические свойства.

Учитывая невысокую обеспеченность почв опытного участка в питательных веществах, были установлены оптимальные дозы минеральных и органических удобрений при внесении которых создавались благоприятные условия для усвоения растениями питательных веществ с учетом их биологических особенностей и наибольшей потребности в питательных веществах по фазам роста и развития культуры, способствующие получению высококачественного урожая томатов, возделываемого на орошаемых лугово-лесных почвах северо-восточной части Большого Кавказа.

Выводы. Проведенные исследования показали высокую эффективность совместного внесения минеральных и агрохимических удобрений, установить оптимальные сроки их внесения, выявить оптимальные дозы их внесения и период наиболее эффективного их внесения способствующий получению высококачественного урожая томатов.

Литература

1. Асадов Ш.Д. Эффективность удобрений под овощные культуры в различных почвенно-климатических условиях Азербайджанской ССР: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Баку, 1975. 64 с.

2. Мамедов Г.Ш., Кулиев В.А. Оценка некоторых почв северо-восточной земледельческой зоны. Баку: Элм, 1967. 144 с.

3. Шилов Л.А., Фурманов Д.Н., Карманов В.В., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв.

4. Заманов П.Б. Влияние различных доз органического удобрения – биогумуса на урожайность и товарное качество миндаля // Труды общества почвоведов Азербайджана. Баку: Элм, 2009. Т. XVIII. С. 431–437.

5. Ганин Г.Н. Вермикомпостирование и вермикулирование как основа экологического земледелия в XXI веке: проблемы, перспективы, достижение // Сборник научных трудов. Минск, 2007. С. 34.

6. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А.В. Соколова. М.: Агропромиздат, 1975. 275 с.

INFLUENCE OF FERTILITY OF SOILS ON THE PRODUCTIVITY OF AGROECONANISTS UNDER THE CONDITIONS OF AZERBAIJAN

G.M. Mammadov[1], Z.B. Mamedbekova[1], R.I. Osmanov[2], R.N. Ibrahimli[2]

[1] Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku
[2] Scientific Research Institute of Agriculture of the Ministry of Agriculture of Azerbaijan, Baku, goshgarmm@mail.ru

Summary. *The article deals with the dynamics of ammonia and nitrate nitrogen, mobile phosphorus and exchangeable potassium under the tomato crop cultivated in irrigated meadow forest soils of the northeastern part of the Greater Caucasus where, under the influence of organic and mineral fertilizers, applied to the soil both separately and in combination with an equivalent amount of organic fertilizers in the phases of growth and development of culture. The regularity of the intake of nutrients in the culture and the most effective doses of fertilizer application are established, which promote the assimilation of more nutrients and the production of high-quality products.*

Keywords: *fertilizer, nutrients, tomato, dynamics, fertility of soils.*

УДК 631.452 : 631.82 : 631.421.1 : 633.63

ДИНАМИКА ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ (1936–2017 гг.) В СЕВООБОРОТЕ С САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ

О.А. Минакова, Л.В. Александрова, Т.Н. Подвигина

ФГБНУ «Всероссийский НИИ сахарной свёклы им. А.Л. Мазлумова», Воронежская обл., пос. Рамонь, olalmin2@rambler.ru

Аннотация. *Применение удобрений в севообороте с сахарной свёклой привело к значительному повышению относительно контроля содержания N-NO_3-, P_2O_5 и S в почве, в меньшей степени – обменного K_2O и гидролитической кислотности, минимально – гумуса и микроэлементов. Наиболее значительные изменения отмечались в первые 10–30 лет от момента закладки опыта*
Ключевые слова: *удобрения, навоз, нитратный азот, фосфор, калий, гидролитическая кислотность, бор, сера.*

Минеральные и органические удобрения при их длительном применении из просто источников доступных растениям элементов питания становятся фактором, определяющим уровень потенциального плодородия и устойчивости агроэкосистем в целом [1]. С 1941 года и по настоящее время сбор информации об эффективности удобрений в различных почвенно-климатических зонах страны осуществляется в рамках опытов Геосети [2]. На основе этих данных разрабатываются научные основы оптимизации питания растений, проводятся исследования экологической устойчивости агроландшафтов, последствий применения удобрений и их влияния на агросистему [3]. Вследствие внесения высоких доз удобрений особенно существенные трансформации плодородия происходят в зерносвекловичных севооборотах: увеличивается содержание подвижных форм элементов питания и микроэлементов, изменяются агрофизические и агрохимические свойства почвы, количество и состав гумуса [1, 4, 5, 6, 7, 8].

Цель исследований – изучить влияние применения удобрений в севообороте с сахарной свеклой на плодородия чернозема выщелоченного (1936–2017 гг.) в условиях лесостепи ЦЧР.

Опыт был заложен в 1936 году в 9-польном зернопаропропашном севообороте с двумя полями сахарной свеклы во Всероссийском научно-исследовательском институте сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова (Рамонский р-н, Воронежская обл.). Климат района исследований умеренно-континентальный с неустойчивым увлажнением. Почва стационарного опыта – чернозем выщелоченный малогумусный среднемощный малогумусный на тяжелом карбонатном суглинке. Изучались четыре варианта опыта с различными дозами внесения минеральных удобрений и навоза и контроль – вариант без удобрений. В качестве минеральных удобрений использовалась азофоска (16:16:16), которая вносилась под сахарную свеклу перед основной обработкой почвы (вспашкой). Навоз вносили один раз за ротацию севооборота в пару. В свежих образцах определяли содержание нитратного азота по Грандваль-Ляжу, в воздушно-сухих – величину гидролитической кислотности по Каппену (ГОСТ 26212-91), содержание подвижного P_2O_5 и K_2O (ГОСТ 26204-91), общее содержание гумуса по И.В. Тюрину в модификации В.Н.Симакова (ГОСТ 26213-91), подвижных форм серы (ГОСТ 26490-85), бора (ГОСТ Р 50688-94), молибдена (ГОСТ Р 50689-94). Полученные результаты статистически обработаны с использованием методами дисперсионного анализа с помощью ПК.

Анализ погодных условий за годы проведения опыта (с 1936 по 2017 г.), выявил, что количество осадков за год от 1 к 9 ротации увеличилось на 25,3%, среднегодовая температура возросла на 3,0°С, гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) увеличился на 55,3%.

В результате исследований установлено, что в 1 ротации применение удобрений обеспечивало повышение содержания $N\text{-}NO_3^-$ относительно неудобренного варианта на 4,0-38,2% (рис. 1), 2 – 18,4–54,4%, 3 – 45,0-85,0%, 4 – 11,8–65,9%, 5 – 45,9–83,8%, 6 – 14,1–43,2%, 7 – 13,9–54,4%, 8 – 52,0–80,6%, 9 – 20,4–74,6%. Наибольшее увеличение содержания элемента обеспечивало применение $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза (кроме 5, 8 и 9 ротаций, где наиболь-

шее увеличение обеспечивало $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза). В целом, динамика содержания N-NO_3^- по ротациям характеризуется его достаточно быстрым увеличением в начале проведения опыта и значительно более медленным со 2 по 7 ротации, с последующим увеличением в 8-9 ротации, что свидетельствует о возможном увеличении количества азота нитрификации на всех вариантах в условиях теплой влажной погоды в весенние периоды 2000-2017 гг. Наиболее высокая обеспеченность N-NO3- (1,79-2,01 мг/100 г почвы) складывалась в 1, 5, 6, 7 и 9 ротациях при внесении $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза, в 9 ротации – также и $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза (2,16 мг/100 г почвы). Эта доза, а также $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза способствовала созданию средней обеспеченности растений нитратным азотом, а в 6-9 ротации, в ряде случаев, и $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 25 т/га навоза и $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 50 т/га навоза.

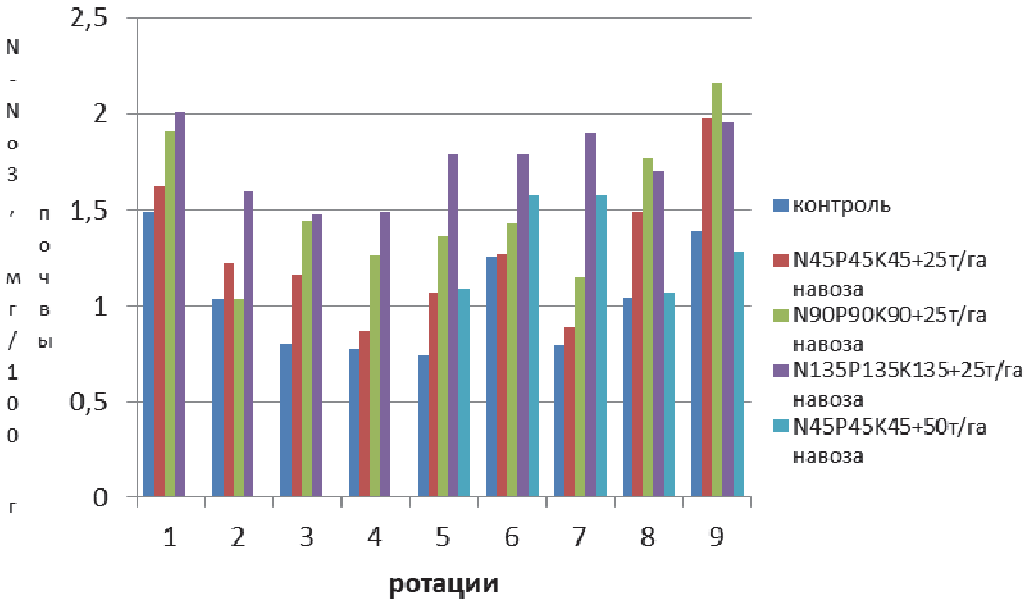


Рис. 1. Содержание N-NO_3^- в почве, слой 0–20 см, 1936–2017 гг.

Установлено повышение содержания подвижного P_2O_5 относительно контроля в 1 ротации на 29,6–43,2% (табл. 1), 2 – 5,22-19,1%, 3 – 43,3–92,3%, 4 – 38,6–103%, 5 – 19,3–76,3%, 6 – 29,3–46,7%, 7 – 16,3–53,6%, 8 – 25,9–61,0%, 9 – 22,6–77,3%.

Таблица 1

Содержание подвижного P_2O_5 в почве стационарного опыта

Вариант	Ротации								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Без удобрений	8,87	11,4	10,4	8,66	9,3	9,2	7,42	9,13	10,6
$N_{45}P_{45}K_{45}$+ 25 т/га навоза	11,7	12,1	15	12	11,1	11,9	8,63	11,5	13,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза	11,1	13,8	16,1	16,3	12,3	12,5	9,46	14,6	18,0
$N_{135}P_{135}K_{135}$+ 25 т/га навоза	12,7	13,1	21,5	17,6	16,4	13,5	11,4	14,7	18,8
$N_{45}P_{45}K_{45}$ + 50 т/га навоза	–	–	–	–	12	11,2	10,5	13,9	16,2

Более всего данному процессу способствовало применение $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза (кроме 2 ротации), а в 8 и 9 ротациях также и $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза. Данная динамика свидетельствовала о значительном влиянии удобрений на подвижный P_2O_5 почвы в 1-4 ротациях, впоследствии отмечалась стабилизации показателя вследствие его перехода в малодоступные формы, а фонд подвижного фосфора в 5-9 ротациях оставался практически неизменным. Наиболее высокий уровень содержания подвижного P_2O_5 отмечался в 1, 5, 6, 7 и 8 ротациях (16,4-21,5 мг/100 г почвы) при внесении $N_{135}P_{135}K_{135}$+ 25 т/га навоза, что позволяло отнести почву к высоко обеспеченной, на других вариантах с удобрениями отмечалась повышенная обеспеченность.

Повышение содержания обменного K_2O вследствие применения удобрений относительно контроля в 1 ротации составило 6,2-31,0 % (рис. 2), 2 – 22,5% (только при $N_{135}P_{135}K_{135}$+ 25 т/га навоза), 4 – 11,2-32,7%, 5 – 19,8–30,7%, 6 – 6,4–11,0%, 8 – 19,4–36,8%, 9 – 10,8–49,0%, то есть значительно увеличивалось в удобренных вариантах в 1 и 3 ротациях и менее значительно – в 8-9 ротациях, что, возможно, связано с необменным поглощением элемента и запаковкой в кристаллическую решетку глинистых минералов.

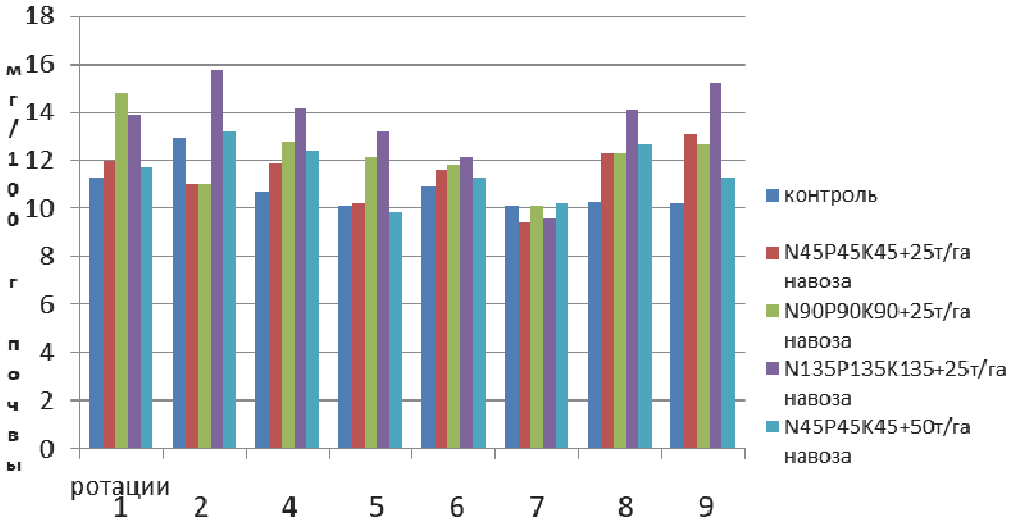


Рис. 2. Содержание обменного K_2O, мг/100 г почвы, 1936–2017 гг.

Система $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 50 т/га навоза в пар обеспечивала небольшое повышение концентрации данного элемента в этот период. Наиболее высокий уровень содержания элемента был отмечен во 2, 4, 8 и 9 ротации при внесении $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза (14,1–15,8 мг/100 г почвы). Дозы $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза способствовали формированию высокой обеспеченности растений подвижным K_2O, тогда как варианты без удобрений и $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 25т/га навоза имели, в основном, более низкую и повышенную обеспеченность.

Таблица 2

Гидролитическая кислотность в почве, мг-экв/100 г почвы

Варианты	Ротации							
	1	3	4	5	6	7	8	9
Без удобрений	2,8	3,1	3,5	3,9	2,5	2,4	3,5	2,8
$N_{45}P_{45}K_{45}$+ 25 т/га навоза	3,8	3,2	4,2	3,9	5,3	3,1	3,5	34
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза	3,4	4,2	4,1	4,7	3,8	3,1	4,5	3,6
$N_{135}P_{135}K_{135}$+ 25 т/га навоза	3,3	4,3	5,2	5,0	4,2	3,1	4,9	3,1
$N_{45}P_{45}K_{45}$ + 50 т/га навоза	2,4	3,1	2,3	3,6	4,4	3,2	3,6	3,0

В 1 ротации применение удобрений увеличивало гидролитическую кислотность относительно контроля на 17,8–21,4% (табл. 2), в 3 – 35,5–38,7%, 4 – 17,1–48,6%, 5 – 20,5-28,2%, 6 – 52,0–112%, 7 – 29,2–33,3%, 8 – 28,6–40,0%, 9 – 7,14–28,6%, то есть наибольшие изменения отмечались в 4, 6, 8 ротациях, наименьшие – 1, 5, 9.

Практически во всех ротациях наибольшая величина Нг. отмечалась при внесении $N_{135}P_{135}K_{135}$+ 25 т/га навоза, несколько меньшая – $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза (3,3–5,0 мг-экв/100 г почвы), наиболее низкая – в контроле и при $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 50 т/га навоза (2,4–4,4 мг-экв/100 г почвы).

От 1 к 9 ротации снижение содержания гумуса в контроле в слое 0-20 см почвы составило 0,77-1,27% (табл. 3), $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза – 0,29–1,08%, $N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза – 0,16–0,90%, $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 50 т/га навоза – 0,10–0,73%, что доказывало, что отсутствие удобре-

ний способствовало наиболее высоким потерям гумуса, а внесение 50 т/га навоза в пару в сочетании с минеральными удобрениями – наименьшим.

Таблица 3

Динамика содержания гумуса, 1-9 ротации, %

Вариант	Ротации						
	1	2	3	6	7	8	9
Без удобрений	6,10	5,33	5,01	5,01	4,94	4,89	4,83
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза	6,10	5,81	5,38	5,30	5,23	5,21	5,02
$N_{135}P_{135}K_{135}$+ 25 т/га навоза	6,10	5,94	5,46	5,44	5,38	5,37	5,20
$N_{45}P_{45}K_{45}$ + 50 т/га навоза	6,10	6,00	5,90	5,70	5,70	5,72	5,37

Разница по содержанию гумуса между вариантами во 2 ротации составила 9,00–12,5%, 3 – 7,38–17,8, 6 – 5,79–13,8, 7 – 5,87-15,4, 8 – 6,54–17,0 9 – 3,93–11,1%, что подтверждало увеличение разницы между вариантами с течением времени (кроме 9 ротации). Это, по-видимому, объяснялось меньшими потерями гумуса в удобренных вариантах. Некоторое снижение гумусности в удобренных вариантах в 9 ротации можно объяснить потерями гумуса в условиях повышенного количества осадков.

Почва опытного участка относится к градации очень хорошо обеспеченных подвижным бором (свыше 1,2 мг/кг почвы), применение удобрений в опыте не переводило обеспеченность в другую градацию. В слое 0–20 см содержание бора не изменялось, но отмечалось достоверное улучшение борного состояния почвы в слое 20–40 см на 9,23–13,1% (табл. 4) относительно контроля, более всего в вариантах $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 25 т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 50 т/га навоза, $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза.

Таблица 4

Содержание микроэлементов и серы в почве стационарного опыта

Вариант	Глубина, см	B	Mo	S
		мг/кг почвы		г/кг почвы
Без удобрений	0–20 20–40	1,28 1,30	0,161 0,140	2,80 1,30
N45P45K45 + 25 т/га навоза	0–20 20–40	1,25 1,47	0,143 0,129	2,20 1,75
N90P90K90 + 25 т/га навоза	0–20 20–40	1,30 1,45	0,160 0,125	2,00 1,30
N135P135K135+ 25 т/га навоза	0–20 20–40	1,23 1,31	0,170 0,140	2,55 3,15
N45P45K45 + 50 т/га навоза	0–20 20–40	1,33 1,42	0,150 0,125	2,20 1,42
НСР05	0–20 20–40	– 0,09	– –	0,17 0,11

Почва удобренных вариантов относится к градации слабообеспеченных подвижным молибденом (менее 0,23 мг/кг почвы), применение удобрений не способствовало переводу градации обеспеченности в более высокую. В слое 0-20 см отмечалась тенденция к повышению (на 5,59%) при внесении $N_{135}P_{135}K_{135}$+ 25 т/га навоза, снижение – $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 25 т/га навоза (на 10,6%). В слое 20–40 см отмечалась тенденция к снижению содержания элемента на 7,86–10,7% в вариантах $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 25 т/га навоза, $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 50 т/га навоза, в других вариантах оно было на уровне контроля.

Применение удобрений обеспечивало перераспределение подвижной серы: в слое 0–20 см было отмечено снижение на 8,21–28,6%, более всего в вариантах $N_{90}P_{90}K_{90}$ + 25 т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 25 т/га навоза и $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 50 т/га навоза. В слое 20–40 см было отмечено достоверное повышение, на 7,69–142%, более всего в вариантах $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 25 т/га навоза,

$N_{135}P_{135}K_{135}$ + 25 т/га навоза. Это объясняется дополнительным поступлением растительных остатков на удобренных вариантах.

Заключение. В результате более чем 80-летнего применения удобрений в севообороте с сахарной свеклой эффективное и потенциальное плодородие чернозема выщелоченного претерпели существенные изменения. Удобрение более всего повлияли на содержании $N\text{-}NO_3^-$ и подвижного P_2O_5 в слое 0–20 см (повышение относительно контроля до 85,0 и 77,3 % соответственно), подвижной серы в слое 20–40 см (до 142%), несколько меньшее – обменного K_2O и гидролитической кислотности (до 49,0 и 48,6% соответственно), менее всего – подвижного бора и гумуса (до 13,1 и 17,8% соответственно). Наибольшие изменения содержания элементов питания и гумуса проявились в первые 10-30 лет от момента закладки опыта, затем наступала определенная стабилизация, с повышением ряда показателей с начала 2000-х гг. вследствие потепления климата.

Литература

1. Байбеков Р.Ф. Агроэкологическое состояние почв при длительном применении удобрений. М.: ЦИНАО, 2003. 192 с.
2. Сычев В.Г., Романенков В.А., Беличенко М.В. Значение Географической сети опытов с удобрениями для решения современных проблем сельскохозяйственного производства // 75 лет Географической сети опытов с удобрениями. Материалы Всероссийского совещания научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИА, 2016. С. 3–10.
3. Сычев В.Г. Задачи ВНИИА в совершенствовании методолгии агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями // Материалы Всероссийской научно-методической конференции Географической сети опытов с удобрениями «Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями». М.: ВНИИА, 2006. С. 3–6.
4. Удобрения, их свойства и способы использования / под ред. Д.А. Коренькова. М.: Колос, 1982. 415 с.
5. Воронин А.А., Горбунова Н.С., Беспалова Н.С. Влияние длительного применения удобрений на агрохимическую характеристику чернозема обыкновенного Каменной Степи // Труды молодых ученых Воронежского университета. 2005. № 1-2. С. 81–86.
6. Мухина С.В., Супрун С.В., Балюнова Е.А. Динамика показателей чернозема обыкновенного под сахарной свеклой при различных системах удобрения // Сахарная свекла. 2010. № 1. С. 26–31.
7. Лазарев В.И., Айдиев А.Ю. Динамика эффективного плодородия типичного чернозема в различных видах полевых севооборотов Курской области // Научные и практические основы сохранения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в адаптивно-ландшафтном земледелии. Материалы международной научно-практической конференции. Белгород, Крестьянское дело, 2004. С. 111–115.

DYNAMICS OF SOIL FERTILITY UNDER CONDITIONS OF PROLONGED APPLICATION OF FERTILIZERS (1936-2017) IN CROP ROTATION WITH SUGAR BEET

O.A. Minakova, L.V. Alexandrova, T.N. Podvigina

Federal state budgetary scientific institution “All-Russian research Institute of sugar beet them. A.L. Mazlumov”, Voronezh region, the village of Ramon', olalmin2@rambler.ru

Summary. *The use of fertilizers in crop rotation with sugar beet resulted in a significant increase in the control of n-NO_3-, P_2O_5 and S content in the soil, to a lesser extent – K_2O exchange and hydrolytic acidity, minimum – humus and trace elements. The most significant changes were observed in the first 10-30 years from the time of experience*

Keywords: *fertilizers, manure, nitrate nitrogen, phosphorus, potassium, hydrolytic acidity, boron, sulfur.*

УДК 626.8:551.345:554.495(571.1)

ГРУППОВОЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОСУШАЕМОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

А.С. Моторин

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, a.s.motorin@mail.ru

Аннотация. *Количество битумов в осоково-тростниковом торфе наиболее часто составляет 6,2-6,8%. В торфе содержится 27,0–31,8% веществ гидролизуемых 2% HCl. Минимальное количество (30,3%) гуминовых кислот содержится в осоковом типе торфа со степенью разложения 25%. С увеличением степени разложения до 35–45% количество гуминовых кислот возрастает до 34,5–35,8%. Содержание трудногидролизуемых кислотами веществ в торфе не превышает 2,4-2,7%. Количество лигнина укладывается в интервал 4,5-5,0%.*

Ключевые слова: *торфяная почва, органическое вещество, групповой состав, методика «Инсторфа».*

Рациональное использование торфа должно основываться на глубоком знании его природы, закономерностей проявления физико-химических и других свойств [1]. Групповой состав органического вещества торфяных почв определяет многие их агропроизводственные свойства. От этого существенным образом зависят водно-воздушные свойства, буферность, емкость ионного обмена и потенциальные возможности обеспечения подвижными формами питательных веществ, освобождаемых в процессе минерализации органического вещества [2]. От состава органической массы торфа зависит устойчивость к биохимической и химической деградации, что позволяет прогнозировать процессы эрозии и скорость минерализации торфяных почв [3]. Органическая масса торфа имеет сложный и разнородный химический состав. В него входят группы органических соединений, слагающих исходное растительное вещество [4]. Химический состав растений – торфообразователей оказывает решающее влияние на состав торфа [5, 6].

Объекты и методы исследования. Исследования проводились на низинном болоте Ернякуль в подтаежной зоне Тюменской области.

Болото Ернякуль площадью 11 тыс. га расположено в Юргинском районе на водоразделе рек Тобол и Вагай, который в геоморфологическом отношении представляет собой аккумулятивную четвертичную равнину. Территория данного геоморфологического уровня сильно заболочена ввиду слабойдренированности. Осушение проведено на площади 2400 га сетью открытых каналов глубиной 1,5–1,7 м с расстоянием между ними 200 и 400 м. На болоте определяли групповой состав органического вещества среднемощной торфяной почвы, растениями – торфообразователями которой были осоки, тростник, гипнум и др.

Первые два года после осушения возделывались однолетние травы (горохо-овсяная смесь). Затем проведено залужение многолетними травами (кострецом безостым и овсяницей луговой). Почвенный разрез для отбора образцов закладывали на пятый год после осушения.

Групповой состав органического вещества торфа исследовался по модифицированной методике «Инсторфа».

Обсуждение результатов. При групповом анализе органического вещества торфов по методике «Инсторфа» под термином «битумы» понимается совокупность веществ, извлекаемых спиртобензолом (1:1), в состав которых входят воск, смолы, липиды и сопутствующие им соединения. Все они в той или иной мере обладают связующими свойствами и гидрофобностью. Количество их в среднемощной торфяной почве болота Ернякуль под многолетними травами составляет от 6,2 до 8,1%. Однако наиболее часто оно находится в пределах 6,2–6,8%. Приэтом не обнаруживает связи с ботаническим составом и степенью разложения торфа (табл.). В торфах типичных видов центральной части Западной Сибири содержание битумов в основном 3–4% [7]. В Западной Сибири низинный торф с повышенным содержаниембитумов(более 5%) встречается редко, а в условиях Зауралья – такой выход битумовнаблю-

дается у 70% образцов [8]. Для практических целей рационально использовать торфяные почвы с содержанием битумов более 4%, которые представлены на болоте Ернякуль.

Групповой состав органического вещества среднемощной торфяной почвы под многолетними травами

Глубина, см	В процентах на абсолютно сухой торф					
	Битумы	Водорастворимые и легкогидролизуемые при 100 °С	Гидролизуемые 2% HCl	Гумусовые вещества	Трудно-гидролизуемые 80% H_2SO_4	Лигнин
0–20	6,81	4,32	29,30	50,08	2,63	4,38
20–40	6,20	5,21	31,81	48,54	2,96	5,46
40–60	6,88	3,44	26,96	52,48	2,62	3,96
60–80	7,50	5,50	27,15	52,71	2,44	3,98
80–100	8,09	3,22	27,21	53,88	2,75	4,58

В водорастворимые и легкогидролизуемые вещества входят различные органические соединения: пентозы, уроновые кислоты, гексозы. Содержание их может варьировать от 6,9 до 63% [9]. Использованная нами схема анализа предполагает раздельное определение веществ гидролизуемых водой при температуре 100°С и 2% соляной кислотой. Результаты исследований показали, что наиболее лабильная часть гидролизуемых соединений, представленная группой веществ, растворимых в горячей воде, составляет небольшую долю (3,4–5,5%). Это аналогично содержанию данных веществ в торфах центральной части Западной Сибири.

Содержание в торфе веществ гидролизуемых 2% HCl достаточно высокое. Оно колеблется в пределах 27,0–31,8%, в среднем по профилю почвы составляет 28,5%. Определенной зависимости содержания легкогидролизуемых соединений от ботанического вида и степени разложения не наблюдается. По-видимому, гидролизуемые кислотой вещества представлены преимущественно лабильными углеводами. Количество гемицеллюлоз в их составе достигает 15,7–17,1%. От общего количества их доля колеблется от 53,8 до 57,8%. Подвергаясь микробиологической атаке, группа легкогидролизуемых соединений относительно быстро разлагается. Поэтому не следует избыточно повышать микробиологическую активность во избежание активнойсработки торфа. Достичь этой цели возможно двумя путями: во-первых, созданием оптимального водного режима; во-вторых, выращиванием многолетних трав.

Гуминовые и фульвокислоты представляют собой наиболее специфическую часть соединений торфа. На их долю приходится 44,1–54,0% органической части торфа. При сельскохозяйственном использовании они играют первостепенную роль, так как обуславливают многие своеобразные свойства торфа. Это прежде всего устойчивость к биохимическому разрушению, способность к закреплению на почвенных минералах и к созданию высокой буферности почвы. В торфе с болота Ернякуль прямым путем определялось только содержание гуминовых кислот (ГК) Фульвокислоты (ФК) вычислялись лишь по разнице. Минимальное количество ГК содержится в шейхцериевом торфе (31,2%) со степенью разложения 10–15% и осоковом, соответственно 30,3 и 25,0%. Вниз по профилю торфяной почвы степень разложения торфа увеличивается до 30–45%, а содержание гуминовых кислот – до 34,5–35,8%. Среднее содержание ГК и ФК в торфах центральной части Западной Сибири составляет 32 и 15% [9]. В торфах, обследованных нами, содержание фульвокислот находится в пределах 17,8–18,9%. Полученные данные позволяют сделать вывод, что торфа Зауралья отличаются более высоким содержанием фульвокислот.

Суммарное содержание гумусовых веществ составляет приблизительно половину от массы всей органической части сухого торфа. При этом соотношение между содержанием гуминовых и фульвокислот колеблется в пределах 1,6–2,0. При низкой степени разложения торфа (15-25%) соотношение ГК и ФК 1,6-1,7, т.е. практически не различается. С увеличением степени разложения торфа до 35–45% соотношение возрастаетдо 1,9–2,0, что равно росту на 15,1–19,4%. В условиях Томской области с увеличением степени разложения в торфах количество углеводов уменьшается, а гуминовых кислот увеличивается [10].

Соединения трудногидролизуемые кислотами представлены в торфе в значительной степени целлюлозой, их доля составляет 52,3–64,0%. В исследованном торфе содержание этой

группы веществ не превышает 2,4–2,7% и не обнаруживает связи с другими компонентами торфа. Торф при одинаковом ботаническом составе с увеличением степени разложения содержит меньше трудногидролизуемых соединений. В Томской области низкое содержание трудногидролизуемых веществ отмечается в торфах обогащенных древесными остатками, высоким содержанием доли мха [10]. В исследованных торфах Тюменской области повышенное количество (3,1%) этой группы веществ также содержится в торфах свысоким процентом содержания мха [8].

Остаток, не подвергающийся гидролизу 80% серной кислотой, принято считать лигнином. Он близок по некоторым свойствам к гуминовым кислотам, но не содержит карбоксильных групп. Лигнин является основным источником ароматических структурных единиц для формирования биохимически устойчивого ароматического ядра гуминовых кислот. Чем больше в растениях-торфообразователях лигнина, тем больше гуминовых кислот образуется в торфе и наоборот [1]. Количество лигнина (4–5,5%) во всех исследованных образцах торфа с болота Ернякуль оказалось большим в 1,5–1,7 раза, чем содержание целлюлозы. Колебания в содержании лигнина по профилю почвы укладываются в интервал 1,5–1,8%. Количество негидролизуемого остатка (лигнина) может доходить до 26% [9]. Связь между негидролизуемымостатком и зольностью высокая (r=0,74). Увеличение негидролизуемого остатка часто согласуется с уменьшением трудногидролизуемых соединений.

Выводы:

1. Количество битумов в осоково-тростниковом торфе среднемощной торфяной почвы наиболее часто составляет 6,2–6,8%, что существенно выше, чем в торфах типичных видов центральной части Западной Сибири (3–4%).

2. Наиболее лабильная часть гидролизуемых соединений, представленная группой веществ растворимых в горячей воде, составляет небольшую долю (3,4–5,5%). Зависимость между ботаническим составом и степенью разложения торфа отсутствует.

3. Содержание в торфе веществгидролизуемых 2% HCl колеблется в пределах 27,0–31,8%. Гидролизуемые кислотой вещества представлены преимущественно углеводами. Количество гемицеллюлоз в их составе достигает 15,7–17,1%.

4. Минимальное количество гуминовых кислот (31,2%) содержится в шейхцериевом типе торфа со степенью разложения 10–15% и осоковом, соответственно 30,3 и 25,0%. Вниз по профилю торфяной почвы степень разложения торфа увеличивается до 35–45%, а содержание гуминовых кислот до 34,5–35,8%. Содержание фульвокислот находится в пределах 17,8–18,9%. При степени разложения торфа 15–25% соотношение ГК и ФК 1,6–1,7; с увеличением до 35-45% оно возрастает до 1,9–2,0.

5. Содержание трудногидролизуемых кислотами веществ в торфе не превышает 2,4–2,7%; на 52,3–64,6% оно представлено целлюлозой и не обнаруживает связи с другими компонентами торфа.

6. Количество лигнина в торфе укладывается в интервал 4,5–5,0%, что в 1,5–1,7 раза больше содержания целлюлозы. По профилю почвы его величина изменяется незначительно. Связь между негидролизуемым остатком и зольностью высокая (r=0,74).

Литература

1. Бамбалов Н.Н., Ракович В.А. Роль болот в биосфере. Минск: Бел. Наука, 2005. 285 с.

2. Кононова М.И. Органическое вещество почвы. М.: Наука, 1963. 314 с.

3. Инишева Л.И., Дементьева Т.В. Скорость минерализации органического вещества торфов // Почвоведение. 2000. № 2. С. 196 – 203.

4. Бамбалов Н.Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. Минск: Наука и техника, 1984. 175 с.

5. Инишева Л.И., Белова Е.В. Агрохимические, биологические свойства и режимы осушенных агроторфяных почв // Агрохимия. 2003. № 4. С. 22–28.

6. Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. Л.: Агропромиздат, 1986. 263 с.

7. Архипов В.С., Маслов С.Г. Состав и свойства типичных видов торфа центральной части Западной Сибири // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 9–16.

8. Грехова И.В. Групповой состав органического вещества торфов низинных месторождений // Аграрный вестник Урала. 2012 . № 6. С. 14–16.

9. Маслов С.Г., Инишева Л.И. Торф как растительное сырье и направления его химической переработки // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 5–7.

10. Инишева Л.И. Агрономическая природа торфа // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 17–22.

THE GROUP COMPOSITION OF THE ORGANIC MATTER OF THE DRAINED PEAT SOIL OF THE NORTHERN TRANS-URALS

A.S. Motorin

Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, a.s.motorin@mail.ru

Summary. *The amount of bitumen in sedge-reed peat is most often 6,2-6,8%. Peat contains 27,0-31,8% of substances hydrolysable with 2% HCl. The minimum amount (30,3%) of humic acids is contained in the sedimentary type of peat with a degree of decomposition of 25%. With an increase in the degree of decomposition to 35-45%, the amount of humic acids increases to 34,5-35,8%. The content of acid poorly hydrolysed in peat does not exceed 2,4-2,7%. The amount of lignin is within the range of 4,5-5,0%.*

Keywords: *peat soil, organic matter, group composition, Instorff technique.*

УДК 631.452:(470.61)

ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

А.А. Новиков

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, al.al.novikov@gmail.com

Аннотация. *Показано влияние длительного применения органических и минеральных удобрений в десятипольном зерно-паро-пропашном севообороте на черноземе обыкновенном Ростовской области. Внесение 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ минеральных удобрений в среднем за 10 лет обеспечивает поддержание экологического равновесия гумуса на исходном уровне. Продуктивность севооборота от внесения в среднем за 10 лет 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ составила 4,05 т зерновых единиц, от 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ – 4,51 т.*

Ключевые слова: *экологическое состояние, гумус, минеральные, органические удобрения, гуминовые кислоты, фульвокислоты, урожайность сельскохозяйственных культур.*

Введение. Сложный комплекс показателей плодородия почв, процессов, протекающих в ней, сопряженные с ней погодные условия, биологические особенности и специфика агротехники культурных растений предопределяет, что достаточно правильное представление об эффективности удобрений могут дать исследования при систематическом их внесении в течение длительного времени [1].

Повышение плодородия почвы, в том числе содержания гумуса, и улучшение его качественного состава вызывает положительную реакцию сельскохозяйственных культур. Поэтому повышение плодородия почв и устойчивости сельскохозяйственного производства остается главной задачей земледельческой отрасли.

Материалы и методы исследования. Исследовательские работы проводились нами в стационаре Донского ЗНИИСХ. Почва опытного участка чернозем обыкновенный среднемощный легкоглинистый. Изменение гумусного состояния чернозема обыкновенного на естественном фоне без удобрения и при их длительном внесении изучалось в зерно-паро-пропашном севообороте: чистый пар, озимая пшеница, озимая рожь, кукуруза на зерно, яровой ячмень, горох, озимая пшеница, кукуруза на силос, озимая пшеница, подсолнечник [2]. В опытах применялась следующая система удобрения: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2 вариант – 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ в среднем на 1 га севооборотного участка; 3 вариант – 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ на 1 га севооборотного участка [3, 4].

Для решения поставленной задачи закладывали почвенные разрезы, отбирали почву для проведения исследований по следующим показателям:

– общий гумус (определяли по ГОСТ 26213-91) [5];

– фракционно-групповой состав гумуса (по методу И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой) [6].

Результаты и обсуждения. В стационарном опыте по изучению эффективности систематического внесения удобрений в десятипольном севообороте в пахотном слое исходной почвы содержалось 2,34% углерода, 0,96% гуминовых кислот, 0,47% фульвокислот, нерастворимого остатка – 0,91% (таблица). Тип гумуса – гуматный.

За период ротации севооборота потеря гумуса (С) в неудобряемой почве составила 0,05%, что равносильно утрате 69 ГДж/га.

Несущественно расширилось отношение $С_{гк}$:$С_{фк}$ от 2,0 до 2,1, уменьшилась степень гумификации органического вещества от 41 до 40 %. Несколько повысилось количество нерастворимого остатка. Доля фракций гуминовых кислот значительных изменений не имела, доля фульвокислот и в их составе $1_а$, 1 и 3-й фракции снизились, 2-й – повысилась.

Фракционно-групповой состав гумуса в слое 0–30 см чернозема обыкновенного, % от $С_{общ}$, % от почвы

$С_{общ}$	Q, ГДж/га	$С_{гк}$			$С_{фк}$				$\frac{С_{гк}}{С_{фк}}$	$С_{ост}$
		1	2	3	1а	1	2	3		
Исходная почва										
2,34	3235	0,04	0,72	0,20	0,08	0,03	0,20	0,16	2,0	0,91
Без удобрения, через 10 лет										
2,29	3166	0,03	0,69	0,20	0,07	0,01	0,21	0,14	2,1	0,94
7 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ на 1 га в среднем за 10 лет										
2,37	3277	0,03	0,75	0,21	0,07	0,02	0,23	0,15	2,1	0,91
11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ на 1 га в среднем за 10 лет										
2,43	3360	0,04	0,82	0,20	0,07	0,03	0,23	0,15	2,2	0,89
$НСР_{05}$ для $С_{общ.}$ = 0,04										

Применение за 10 лет 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ минеральных удобрений увеличивало содержание углерода на 0,03 % в результате такого же роста гуминовых кислот, то есть обеспечило возможность формирования урожайности культурных растений не только за счет почвенных запасов, но и вносимых элементов питания. Количество фульвокислот и нерастворимого остатка сохранялось на уровне исходного.

Соотношение$С_{гк}$:$С_{фк}$ возросло до 2,1, степень гумификации – до 42 %. Доля этих фракций в составе органического вещества практически не изменилась. Запас энергии в органическом веществе (С) несколько превысил исходный.

Результативней в отношении запасов гумуса была повышенная система удобрения – 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ на 1 га площади севооборота, применение которой увеличило содержание углерода на 0,09 %, в том числе гуминовых кислот на 0,10 % за счет 2-й фракции; фульвокислот – на 0,03 %. Отношение $С_{гк}$:$С_{фк}$ стало 2,2, степень гумификации – 44 %. В пределах ошибки опыта снизилось количество нерастворимого остатка. Количество энергии, заключенной в гумусе, возросло до 3 360 ГДж/га.

Исследованиями установлено, что урожайность сельскохозяйственных культур изменялась в зависимости от их биологических особенностей, доз и систем удобрения. На естественном фоне она колебалась в пределах от 4,94 т зерновых ед./га (озимая пшеница по чистому пару) и 4,19 т/га (кукуруза на силос) до 4,22 т/га (озимая пшеница по гороху).

Урожайность озимой пшеницы по кукурузе, ярового ячменя, подсолнечника оказалась минимальной – 3,31–3,35 т зерновых ед./га. Продуктивность севооборота в среднем составила 3,44 т зерновых ед./га.

Среди культур севооборота наибольшую отзывчивость на удобрения проявляла озимая пшеница, возделываемая после кукурузы, и озимая рожь. Прибавки от применения средних доз удобрений (7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ на 1 га севооборотной площади) достигали 29–46% к контролю, повышенных (11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$) – 46–52%.

Прибавки урожайности при посеве кукурузы на силос составили соответственно по вариантам 16 и 29 %, гороха – 15 и 31%, меньше они у подсолнечника – 15 и 27%, выращиваемой по гороху озимой пшеницы – 17 и 26%, озимой пшеницы по чистому пару – 14 и 24%, возделываемой на зерно кукурузы – 11 и 18%. Прибавка урожайности ярового ячменя от последействия средней дозы составила 20 %, повышенной – 37%.

Продуктивность севооборота в среднем за 10 лет от внесения 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ равнялась 4,05 т зерновых ед./га (или 18 %) к контролю, от 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ – 4,51 т зерновых ед./га (или 31 %).

Выводы:

1. Систематическое внесение 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ минеральных удобрений в среднем за 10 лет на 1 га площади зерно-паро-пропашного севооборота обеспечивает поддержание экологического равновесия гумуса на исходном уровне.

2. Продуктивность зерно-паро-пропашного севооборота от внесения в среднем на 1 га за 10 лет 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ равнялась 4,05 т зерновых ед./га (или 18 %) к контролю, от 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ – 4,51 т зерновых ед./га (или 31%).

Литература

1. Новиков А.А. Органическое вещество и его значение в почвенном плодородии. Новочеркасск, 1999. 89 с.
2. Новиков А.А. Гумусное состояние почв в севооборотах различной конструкции на черноземах обыкновенных // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 78 (04). С. 555–564 (дата обращения: 20.06.2018).
3. Новиков А.А. Современное состояние и пути сохранения гумусного и азотного фонда черноземов Северного Кавказа: дис. ... д-ра с.-х. наук. Новочеркасск, 2002. 317 с.
4. Новиков А.А. Эколого-мелиоративное состояние черноземных почв южного региона России. LAP LAMBERT Academic Publishinq, 2015. 103 с.
5. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.
6. Агрохимическиеметодыисследованияпочв. М.: Наука, 1975. 656 с.

COMMON CHERNOZEM FERTILITY DEPENDING ON THE PROLONGED USE OF FERTILIZERS

A.A. Novikov

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University, Novocherkassk, al.al.novikov@gmail.com

Summary. *The influence of long-term use of organic and mineral fertilizers in the ten-field grain-crop rotation on the ordinary Chernozem of the Rostov region is shown. Application of 7.0 t of manure + $N_{43}R_{30}K_{24}$ mineral fertilizers on average for 10 years ensures the maintenance of the ecological balance of humus at the initial level. Productivity of crop rotation to make the average for the 10 years 7.0 t manure + $N_{43}P_{30}K_{24}$ made up 4.05 t of grain units, from 11.2 tons of manure + $N_{64}P_{42}K_{42}$ – 4,51 t.*

Keywords: *ecological state, humus, mineral, organic fertilizers, humic acids, fulvic acids, crop yields.*

УДК 634.45:631.445.3

ХУРМА ВОСТОЧНАЯ (*DIOSPYROS KAKI* THUND) НА КОРИЧНЕВЫХ СКЕЛЕТНЫХ ПЛАНТАЖИРОВАННЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

А.П. Новицкая, М.Л. Новицкий

ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», Ялта, maxim.novickiy@bk.ru

Аннотация. *Приведены данные о реакции растений хурмы на состав и свойства коричневых плантажированных почв ЮБК.*
Ключевые слова: *коричневые почвы, плантажный слой, свойства, хурма, допустимые параметры.*

Введение. Почвы Южного берега Крыма (ЮБК) издавна привлекали внимание ученых. Первое детальное описание южнобережных почв, в том числе почв Никитского сада и территории заповедника «Мыс Мартьян», являвшегося его частью, было дано И.Н. Антиповым-Каратаевым с соавторами [1, 2]. Почвенные «разности» он рассматривал как буроземы с чертами перехода к красноземам, а позднее красноцветные почвы на известняках были названы им красно-бурыми горнолесными.

Коричневые почвы достаточно изучены и описаны [3–9]. Самое раннее и вполне определенное предложение о выделении коричневых почв в особый тип принадлежит С.А. Захарову. В 1924 г. в статье «О главных итогах и основных проблемах изучения почв Грузии» он писал: «…можно более уверенно высказываться за выделение коричневых лесных почв в особый тип или подтип с установлением соответствующего типа почвообразовательного процесса» [10].

Дальнейшее детальное изучение генезиса почв нижней зоны Южного берега Крыма позволило отнести их к новому почвенному типу – коричневым почвам сухих лесов и кустарников [10, 11].

Коричневые почвы интенсивно используются в сельском хозяйстве. На них выращивают виноград, табак, плодовые, субтропические и эфиромасличные культуры.

Сведения о реакции субтропических плодовых культур на состав и свойства коричневых почв весьма ограничены, носят, как правило, качественный характер.

На основании общих описаний почвы все же трудно решить вопрос о пригодности тех или иных участков, отводимых под конкретную культуру. Поэтому используется иной подход, качественные признаки переводятся в количественные показатели и тем самым позволяют приблизиться к модели плодородия почв в конкретной местности, а также выделить наилучшие территории для выращивания субтропических культур.

В частности недостаточно изучены состав и свойства коричневых плантажированных почв в садах хурмы и ее реакция на показатели плодородия коричневых почв.

В связи с изложенным возникла необходимость в детальной агрономической характеристике коричневых плантажированных почв, в определении их плодородия и возможности использования под хурму восточную.

Цель исследований: изучить реакцию растений хурмы на состав и свойства коричневых плантажированных почв ЮБК, выявить неблагоприятные для растений свойства и установить их количественные параметры.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили на коллекционных участках субтропических культур в пределах Никитского ботанического сада на коричневых плантажированных мощных, средне- и маломощных скелетных почвах, сформировавшихся на смешанных делювиальных продуктах выветривания известняков, песчаников и глинистых сланцев с явным преобладанием последних. Были заложены почвенные разрезы под плодоносящими деревьями хурмы на участке № 36. Растения высажены по схеме 5×5 м. Для изу-

чения были отобраны опытные площадки с нормально развитыми, удовлетворительными и угнетенными группами деревьев, где было заложено 6 почвенных разрезов.

При полевых и лабораторных исследованиях использованы общепринятые стандартные в российском почвоведении и агрохимии методы. Объемная масса определялась по Н.А. Качинскому [12], pH – потенциометрически, гумус определялся по методу И.В. Тюрина (вариант ЦИНАО) [13], $CaCO_3$ – газоволюметрическим методом. Изучение архитектоники корневой системы хурмы проводили методом «среза» В.А. Колесникова [14]. По содержанию скелета (% от объема почвы) в слое 0–50 см почвы на видовом уровне классифицировались как слабо- (до 10% скелета), средне- (10–25%), сильно- (25–50%) и очень сильноскелетные (>50%). По глубине залегания плотных подстилающих пород почвы подразделялись на виды: слаборазвитые – плотные породы в пределах 0–40 см, маломощные – 40–80 см, среднемощные – 80–120 см, мощные – >120 см [15, 16].

Результаты и обсуждение. Возделывание субтропических культур на ЮБК факт общеизвестный. Нередко встречаются участки в пределах одной площадки, где почвенные условия не соответствуют биологическим особенностям данной культуры, вызывая плохой рост, а порой и преждевременную гибель деревьев.

Нами установлено, что корневая система хурмы осваивают весь профиль почвогрунта до плотной породы. Около 80% срезов как проводящих, так и всасывающих корней локализованы в слое 20-90 см. С увеличением скелетности почв в ней уменьшалось число корней хурмы, и основная их масса была сосредоточена ближе к поверхности.

Состояние плодовых деревьев в значительной степени зависело от плотности сложения почв. Уплотнение почвы резко снижало количество корней в корнеобитаемых слоях. Согласно данным В.Ф. Валькова [17] нормальный газообмен нарушался при плотности более 1,45 г/см^3, а по сведениям Н.Е. Опанасенко [15] – 1,50 г/см^3. На исследуемом участке под хурмой в метровом корнеобитаемом слое объемная масса мелкозема под группой деревьев в хорошем состоянии составляла в среднем 1,43 г/см^3, под группой удовлетворительных деревьев от 1,63 г/см^3, а под группой угнетенных деревьев 1,57 (таблица).

По утверждению В.Ф. Валькова [17] содержание и запасы гумуса отражают качественные свойства корнеобитаемого слоя. В целом же мощность гумусовых горизонтов и запасы в них гумуса составляют количественное и качественное единство, характеризующее плодородие почвы. Запасы мелкозема в почве исследуемого участка хурмы под нормально развитыми деревьями составили 14 тыс. т/га, запасы гумуса 244,8 т/га; под удовлетворительными деревьями мелкозёма было 12 тыс. т/га; запасов гумуса 234,5 т/га, а под угнетенными деревьями количество мелкозёма составило 7 тыс. т/га и запасов гумуса 142,0 т/га.

Показатели состава и свойств коричневой скелетной плантажированной почвы на участке хурмы Никитский сад, центр, участок № 36

Состояние деревьев, № разреза	Слой почвы, см	Глубина залегания плотных подстилающих пород, см	Скелет от объема почвы, %	Объемная масса мелкозема, г/см^3	Запасы мелкозема, т/га	Гумус, %	Запасы гумуса, т/га	$CaCO_3$, %	pH водной суспензии
нормально развитые, 19,24	0–60	140	28	1,43	6178	2,38	147,0	2,92	8,12
	60–100		32	1,42	3933	1,39	54,6	1,26	8,13
	100–140		42	1,69	3909	1,11	43,2	1,82	8,27
	Σ				14020		244,8		
удовлетворительные, 20, 26	0–60	120	42	1,55	5351	2,86	154,7	2,36	8,23
	60–100		33	1,76	4756	1,29	61,3	1,24	8,25
	100–120		41	1,65	1683	1,10	18,5	0,81	8,27
	Σ				11790		234,5		
угнетенные, 21, 22	0–60	60	26	1,57	6966	2,10	142,0	2,96	8,18
	Σ				6966		142,0		

Мелкозем является основным вместилищем питательных веществ, влаги и корней растений, а его гранулометрический состав во многом определяет плодородие почвы. Гранулометрический состав мелкоземистой части рассматриваемой почвы тяжелосуглинистый илювато-крупнопылеватый, довольно однороден по всему корнеобитаемому слою. Количество пылеватых фракций под всеми деревьями по всему профилю варьировало от 65,50 до 69,90%, содержание крупной пыли – 29,60–39,70%, а илистых частиц – от 20,40 до 25,12%. По данным В.Ф. Валькова [17] оптимальная для хурмы реакция среды соответствует pH 5,5 – 7,5. На нашем опытном участке реакция водной суспензии почвы щелочная, pH в пределах 8,12–8,27 (таблица). То есть не превосходит то значение, которое по литературным данным является вредным и тем более не достигает явно токсичной щёлочности (pH 8,8).

Содержание $CaCO_3$ на участках в среднем невысокое и колебалось в пределах от 0,81% до 5% (табл.). Почва слабогумусированная, наличие гумуса не превышало 3%.

В процессе проведения исследований выявлено, что на участках с нормально развитыми деревьями скелетность почв по всему профилю выше, чем на участках с угнетенными деревьями, а мощность почвенного профиля составляла 140 см, против 60 см в местах произрастания угнетённых деревьев. Для нормального развития деревьев запасы мелкозёма и запасы гумуса должны быть не менее 15 тыс. т/га и 245 т/га, соответственно. Увеличение объемной массы мелкозема до 1,70 г/см^3 и снижение скважности до 36%, близкое залегание к дневной поверхности плотных подстилающих пород угнетает деревья хурмы.

Выводы. На коричневых плантажированных скелетных почвах с различной глубиной залегания плотных пород на ЮБК выявлены эдафические ограничивающие факторы возделывания хурмы восточной: тяжелый гранулометрический состав, высокая плотность сложения мелкозема, низкие запасы гумуса, близкое залегание к дневной поверхности плотных подстилающих пород.

Наличие в тяжелосуглинистых плантажированных коричневых почвах до 30% скелетных частиц незначительно сказывается на росте деревьев хурмы восточной.

Для нормального роста и развития деревьев хурмы запасы мелкозема и гумуса должны быть не менее 15 тыс. т/га и 245 т/га, соответственно.

Коричневые плантажированные почвы пригодны под хурму, если объемная масса мелкозема в корнеобитаемых слоях не превышает 1,55 г/см^3, общая порозность не ниже 42%, мощность корнеобитаемого слоя составляет не менее 120 см, а плотные подстилающие породы залегают на глубине 120 см и ниже.

Литература

1. Антипов-Каратаев И.Н. Почвы Никитского сада / И.Н. Антипов-Каратаев, М.И. Антонова, В.П. Иллювиев; под ред. Л.И. Прасолова // Сообщение отдела почвоведение ГИОА. Л., 1929. Вып. 4. 243 с.
2. Антипов-Каратаев И.Н., Прасолов Л.И. Почвы Крымского государственного заповедника и прилегающих местностей / И. Н. Антипов-Каратаев, Л.И. Прасолов; под ред. Л.И. Прасолова // Труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. Л.: Изд-во АН СССР, 1932. Т. 7. 280 с.
3. Виленский Д.Г. О красноземовидных почвах Южного берега Крыма / Д.Г. Виленский // Бюл. почвоведа. 1926. № 5–7. С. 16–20.
4. Гришина А.П., Опанасенко Н.Е. Коричневые террасированные почвы садов на южном берегу Крыма // Агрохімія і ґрунтознавство. Межвід. тематич. наук. зб. Спец. вип. до IX з'їзду УТҐА. Харків, 2014. Кн. друга. С. 26–27.
5. Добровольский Г.В. О красноцветных почвах Южного берега Крыма / Г.В. Добровольский // Вестник МГУ. 1950. № 19.
6. Севастьянов Н.Ф. Коричневые почвы горной части Крыма и мероприятия по борьбе с их эрозией под садово виноградными насаждениями / Н.Ф. Севастьянов // Повышение плодородия эродированных почв: науч. труды УНИИПА им. А.Н. Соколовского. 1963. Т. 6. С. 151–160.
7. Кочкин М.А. Почвы заповедника «Мыс Мартьян» / М.А. Кочкин, Р.Н. Казимирова, Е.Ф. Молчанов // Труды Никит. ботан. сада. 1976. Т. 70: Научные основы охраны и рационального использования природных богатств Крыма. С. 26–44.

8. Кочкин М.А. Почвы, леса и климат горного Крыма и пути их рационального использования / М. А. Кочкин // Тр. Никит. ботан. сада. М.: Колос, 1967. Т. 38. 368 с.

9. Клепинин Н.Н. Почвы Крыма / Н.Н. Клепинин. Симферополь: Госиздат Крыма. АССР, 1935. 123 с.

10. Герасимов И.П. Коричневые почвы сухих лесов и кустарниковых лугостепей / И.П. Герасимов // Труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1949. Т. 30. С. 213–233.

11. Кочкин М.А. Почвы заповедника «Мыс Мартьян» / М.А. Кочкин, Р.Н. Казимирова, Е.Ф. Молчанов // Труды Никит. ботан. сада. 1976. Т. 70: Научные основы охраны и рационального использования природных богатств Крыма. С. 26–44.

12. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 192 с.

13. Ягодин Б.А., Дерюгин И.П., Жуков Ю.П. и др. Практикум по агрохимии / под ред. Б.А. Ягодина. М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.

14. Колесников В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1972. 152 с.

15. Опанасенко М.Є. Класифікація скелетних плантажованих ґрунтів // Агрохімія і ґрунтознавство Харків, 2008. Вип. 69. С. 68–74.

16. Опанасенко М.Є. Теоретичні і прикладні основи оцінювання родючості скелетних ґрунтів Криму та освоєння їх під плодові і горіхоплідні культури: автореф. дис. на ... д-ра с.-г. наук. Харків, 2009. 37 с.

17. Вальков В.Ф. Почвы и сельскохозяйственные растения. Ростов н/Д: Изд-во Ростовского университета, 1992. 218 с.

KAKI PERSIMMON TREE (*DIOSPYROS KAKI* THUND*)* ON BROWN SKELETON DEEP-PLOWED SOILS OF THE SOUTHERN COAST OF THE CRIMEA

A.P. Novitskaya, M.L. Novitsky

The Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS, Yalta, maxim.novickiy@bk.ru

Summary. *The data on plant responses of persimmon on the composition and properties of brown deep-plowed soils of the Southern Coast of the Crimea are presented.*

Keywords: *brown soils, deep-plowing soil layer, properties, persimmon, permissible parameters.*

УДК 631.4:632.11:635.6(477.75)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЙОНИРОВАНИЯ КРЫМА ПОД ПЛОДОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Н.Е. Опанасенко, А.П. Евтушенко

ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», Ялта, anna_yevtushenko@mail.ru

Аннотация. *Кратко освещена методология, основанная на изучении системы «климат – почва – плодовое растение» и на установлении причинно-следственных связей между параметрами внешней среды, морозостойкостью цветковых почек и урожайностью плодовых культур. Представлена система параметров лимитирующих почвенных и климатических факторов, определяющих пригодность территорий степного и предгорного Крыма для плодовых культур.*
Ключевые слова: *системные исследования, агроклиматические районы, агроэкология, плодовые культуры, параметры пригодности почвенно-климатических условий.*

В настоящее время все больше осознается, что в растениеводстве ресурсные и энергетические ограничения требуют перехода от техногенных технологий к низкозатратным биологическим системам, поэтому в стратегии адаптивной интенсификации плодоводства центральное место должно занимать агроэкологическое районирование территорий, оптимизация адаптивного размещения сортов на основе системных исследований.

Существующие подходы и методы районирования территорий Крыма для плодоводства основываются на сельскохозяйственной оценке климата по его ведущим факторам (тепло, влага, солнечная радиация, ветер) и с учётом ряда специфических для плодовых культур показателей, лимитирующих их выращивание (минимальные и максимальные температуры, морозоопасность территории, оттепели, ранние или возвратные заморозки, туманы в период цветения деревьев и другие). На принципе внутренне сходных и различающихся между собой по климатическим показателям территорий вначале было осуществлено агроклиматическое районирование Крыма, выделен и обстоятельно охарактеризован 21 агроклиматический район с указанием вероятности повреждения морозами семечковых и косточковых культур.

Расширение знаний о влиянии различных климатических показателей на плодовые растения позволили нам с коллегами провести районирование природных условий Крыма для целей садоводства и оценить агроклиматический потенциал в относительных единицах (баллах) всех административных районов полуострова по степени пригодности территорий для конкретных плодовых культур по климатическим показателям-регуляторам, оказывающим влияние на рост и развитие растений.

Выделение районов по их агроэкологической однородности на основе комплексных сопряженных исследований физико-химических параметров климата и урожайности сортов плодовых культур в сочетании с почвенными, почвенно-гидрологическими особенностями территорий Крыма ранее не проводилось.

В дальнейшем нами охарактеризовано и представлено широкое климатическое, почвенное и сортовое разнообразие, в том числе и урожайность новых сортов плодовых культур зарубежной селекции, большой по годам и пунктам исследования банк метео- и почвенно-биологических данных.

При агроэкологических исследованиях были решены следующие фундаментальные комплексные задачи:

– разработаны новые методические подходы к агроэкологическому районированию плодовых культур и их сортов на основе принципа реально оптимального размещения плодовых культур в разных условиях природной среды с использованием методов статистики;

– установлены причинно-следственных связи урожайности сортов абрикоса, персика, черешни, алычи, миндаля, яблони и груши с лимитирующими агрономически значимыми почвенно-климатическими факторами среды;

– установлена дифференцированная система параметров лимитирующих почвенно-климатических факторов, определяющая пригодность (непригодность) конкретных территорий под плодовые культуры;

– дан анализ изменений гидротермических условий весенне-летнего времени за 25–30 лет.

Научная новизна исследований:

– методология, основанная на изучении системы «климат – почва – плодовое растение» и установлении причинно-следственных связей между параметрами внешней среды, морозостойкостью цветковых почек и урожайностью сортов;

– оценка адаптивности и урожайности плодовых пород, их сортов и подвоев к конкретным сочетаниям почвенно-климатических условий произрастания за конкретные годы;

– разработка вероятностной оценки морозоопасности территорий степного и предгорного Крыма под плодовые культуры по допустимым параметрам морозостойкости их цветковых почек в конкретные декады зимне-весенних месяцев и по метеоданным соответствующих метеостанций за 25–30 лет.

Таблица 1

Допустимые* для плодовых культур абсолютные минимальные температуры воздуха зимне-весеннего времени в степном и предгорном Крыму (усредненные данные для зимостойких сортов в изученных агроклиматических районах)

Месяцы	Декады	Плодовые культуры						
		Персик	Абрикос	Алыча	Черешня	Слива	Яблоня	Груша
Январь	I	–22º	–22º	–24º	–28º	–28º	–28º	–28º
	II	–22º	–21º	–23º	–27º	–28º	–27º	–27º
	III	–21º…–20º	–20º	–22º	–25º	–26º	–26º	–26º
Февраль	I	–20º…–19º	–19º	–22º	–25º	–25º	–25º	–25º
	II	–18º	–17º	–20º	–21º	–24º	–23º	–23º
	III	–18º…–17º	–16º	–19º	–21º	–23º	–22º	–22º
Март	I	–16º	–15º	–17º…–16º	–20º	–21º	–22º	–21º
	II	–15º	–13º	–14º	–17º	–20º	–20º	–20º
	III	–12º	–10º	–12º	–14º	–16º	–16º	–15º
Апрель	I	–9º…–8º	–5º	–7º	–7º	–9º	–10º	–8º
	II	–5º	–1º…–3º	–5º	–3º	–5º	–5º	–5º
	III**	–1º…–2º	–1º	–2º	–1º	0º	–3º	–2º

* При таких показателях температур гарантируется сохранность более 60% цветковых почек устойчивых сортов. ** Ориентировочно.

Таблица 2

Эталоны плодородия скелетных южных, обыкновенных предгорных, выщелоченных черноземов для промышленных садов плодовых культур в различных почвенно-климатических зонах Крыма (среднее по изученным почвам, сортам, подвоям)

Основные агрономически значимые почвенные показатели	Абрикос, алыча, миндаль, персик, орех грецкий для плодополос, черешня			Груша, орех грецкий для промышленных садов, слива, яблоня	
	Южная степь	Предгорная степь	Предгорная и горная лесостепь	Южная степь	Предгорная степь
Содержание скелета, % от объема почвы, в слоях: 0–50 см 50–100 см	 ≤15 <30	 ≤20 <35	 ≤25 <45	 ≤15 <30	 ≤20 <35
Глубина залегания плотных подстилающих пород, см	>127	>117	>117	>150	>145
Запасы в корнеобитаемом слое: мелкозема, т/га продуктивной влаги, мм	 >9900 >65	 >9000 >60	 >9000 >55	 >13200 >75	 >11900 >70
Запасы в корнеобитаемом слое гумуса, т/га	>155	>140	>140	>175	>160
Содержание $CaCO_3$, % в слоях: 0–50 см 50–150 см	 ≤30 <40…45	 ≤25 <35…40	 ≤25 <35…40	 ≤25 <35	 ≤20 <30
Запасы валовых форм N, P, K* в слое 0–100 см, т/га	Не менее 7…8; 8…9; 80…100			Не менее 7; 16; 115	

Примечание. Запасы подвижных форм основных элементов питания в скелетных почвах в течение вегетации должны быть не менее: $N\text{-}NO_3$ – 60, P_2O_5 – 55, K_2O – 2200 кг/га.

Так, например, допустимые для плодовых культур абсолютные минимальные температуры воздуха зимне-весеннего времени в степном и предгорном Крыму приведены в табл. 1.

На основе многолетних почвенно-климатических исследований и корреляционно-регрессионного анализа нами установлены допустимые и оптимальные параметры агрономически значимых показателей плодородия, например, скелетных почв, которые позволили разработать эталон плодородия скелетных южных, обыкновенных предгорных и выщелоченных черноземов для плодовых культур (табл. 2).

Параметры пригодности климата и почв под плодовые сады установлены для засоленных, солонцеватых, высококарбонатных, гидроморфных и других почв, по которым оценивается их пригодность под те или иные плодовые культуры в степном и предгорном Крыму в различных агроклиматических районах.

Широко и детально результаты исследований изложены в монографии Опанасенко Н.Е., Костенко И.В., Евтушенко А.П. «Агроэкологические ресурсы и районирование степного и предгорного Крыма под плодовые культуры» (Симферополь: ООО Изд-во «Научный мир», 2015. 216 с.).

AGROECOLOGICAL BASIS OF REGIONAL ASIGNMENT OF THE CRIMEA FOR FRUIT CROPS

N.E. Opanasenko, A.P. Evtushenko

The Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS, Yalta, anna_yevtushenko@mail.ru

Summary. *The methodology based on the study of the system "climate – soil – fruit plant" and on the establishment of cause-effect relationships between environmental parameters, frost resistance of flower buds and fruit crops yield has been briefly discussed.*

The system of the parameters of the limiting soil and climatic factors that determine the suitability of the territories of the steppe and piedmont Crimea for fruit crops has been presented.

Keywords: *system researches, agro-climatic areas, agroecology, fruit crops, parameters of suitability of soil and climatic conditions.*

УДК 631.4:624.131.4.582.929.4(477.75)

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПОЧВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ШАЛФЕЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО В КРЫМУ

Т.И. Орёл

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта

Аннотация. *Приведены результаты изучения агроэкологических ресурсов произрастания шалфея лекарственного в Крыму. Определены оптимальные почвенные параметры, влияние орошения и гидротермических факторовна рост и развитие шалфея.*
Ключевые слова: *Salvia officinalis* L.*; чернозём предгорный; склетность; содержание карбонатов; модель продуктивности.*

Природные условия Крыма отличаются высокой теплообеспеченностью, что позволяет возделывать широкий спектр сельскохозяйственных культур. В то же время для этого региона характерны большие площади малопродуктивных земель, отличающиеся высокой степенью засоленности, карбонатности и скелетности, что ограничивает возможности традиционного земледелия. Поэтому так важен вопрос определения оптимальных почвенных параметров для эфиромасличных растений, что позволит рационально использовать малопродуктивные земли под эти культуры. Например, продуктивность полыни лимонной на солонцеватых и засоленных почвах сильно зависит от глубины залегания солевого горизонта, степени солонцеватости, гранулометрического состава и реакции почвенной среды. Критическое содержание солей в верхнем метровом слое почвы 11 мэкв/100 г почвы (при сульфатном засолении). Критическое содержание $CaCO_3$ в почве для полыни лимонной составляет 80%. Под неё не рекомендуется отводить почвы с мощностью гумусового горизонта менее 30 см. При повышении гумусированности устойчивость растений к карбонатам возрастает [1, 2].

Шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.) – многолетний полукустарник из семейства Яснотковых, является фармакопейной культурой, чьи целебные свойства высоко ценятся с древних времен. Препараты шалфея лекарственного используют как успокаивающее, кровоостанавливающее, антисептическое, отхаркивающее и ранозаживляющее средство [4]. Шалфей лекарственный имеет очень высокий спрос и широко культивируется в Крыму.

Крым характеризуется недостаточной влагообеспеченностью при высокой испаряемости и сумме положительных температур, поэтому полнее использовать его естественные потенциальные возможности при выращивании лекарственных растений можно только в условиях ирригации.

Наши исследования были направлены на определение оптимальных параметров почвы для рационального выращивания шалфея лекарственного, на изучение егореакциина искусственное орошение, влияние погодных факторов среды на продуктивность растений.Для определения оптимальных почвенных параметров для эфиромасличных и лекарственных растений стояла задача выбрать участки с растениями в хорошем состоянии и с разной степенью угнетенности при прочих равных условиях. Такой объект для исследований был найден в Юго-западном предгорном агроклиматическом районе Крымского полуострова – поля фитосовхоза «Радуга» (с. Лекарственное Симферопольского р-на), занятые пятилетними насаждениями шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.) сорта Гинецей. Были проведены почвенно-биологические исследования.

Почва – чернозем обыкновенный предгорный мицелярно-карбонатный легкоглинистый плантажированный слабо- и сильноскелетный на красно-бурых плиоценовых глинах. С целью выявления оптимальных почвенных параметров для роста и развития растений были подобраны участки с растениями в угнетенном, удовлетворительном, хорошем и отличном состояниях. Участки с выбранными растениями расположены на высоте 130-145 м над уровнем

моря. Максимальная разница между отметками места, где выполнены разрезы 9 м. Растения в угнетенном состоянии находились на самой высокой отметке (142 м над у.м.), а в отличном состоянии находились на самой низкой отметке (137 м над у.м.). Во взятых почвенных пробах на глубину 0–50 см определялись степень скелетности, состав мелкозема, содержание карбонатов, гумуса, запасы гумуса в 40-см слое, катионно-анионный состав водной вытяжки, pH почвенного раствора, содержание подвижных форм основных питательных веществ. У разных групп растений определены биометрические показатели, урожай сырья, массовая доля эфирного масла, сбор эфирного масла с единицы площади и его биохимический состав.

Гранулометрический анализ показал, что почвы участка относятся к тяжелым суглинкам и легкой глине, содержание физической глины в слое 0–40 см находится в пределах 46–63%. Содержание физической глины под угнетенными растениями составляло 46–59%, а под растениями в нормальном и отличном состоянии – 58–63%. Чем ниже расположен изучаемый разрез, тем больше содержание ила в составе почвы, тем выше запасы мелкозёма и соответственно выше запасы гумуса. В 40-см слое почвы под угнетенными растениями запасы гумуса составляют 30-45 г/га, а под растениями в хорошем и отличном состоянии – 50–90 т/га. Этот показатель можно считать критерием почвы при культивировании шалфея лекарственного.

Определение процентного содержания скелета по всем вариантам позволило выявить, что на участках с сильно угнетенными растениями почва сильноскелетная и очень сильноскелетная [5] – содержание скелета составляет 49–52% в верхнем 20-см слое и 60–70% в слое 20–40 см. На участках с хорошо развитыми растениями почва среднескелетная и слабоскелетная (рис. 1).

По содержанию карбонатов почва относится к средне- и сильнокарбонатным (4–15% $CaCO_3$). Под угнетенными и нормально развитыми растениями шалфея лекарственного почва среднекарбонатная (8–15%), под хорошо развитыми – 4–5,5%, что позволяет отнести ее к слабокарбонатной. Содержание скелета и карбонатов в почве под растениями в удовлетворительном состоянии занимает промежуточное положение (рис. 2).

Оптимально допустимыми для шалфея лекарственного являются содержание скелета в почве менее 50%, содержание карбонатов в слое 0-20 см менее 8%, в слое 20–40 см – менее 10%. Для нормального роста и развития растений необходимо содержание запасов мелкозёма в 40-см слое почвы не менее 3000 т/га, запасов гумуса не менее 50 т/га.

Анализ водной вытяжки показал, что всех участках почвы слабозасоленные (до 0,5 мэкв/100 г почвы). Реакция почвенного раствора слабощелочная (pH =7,6-7,7).Содержание гумуса находится в пределах 1,3-2,0%. Закономерности в степени угнетенности растений от содержания гумуса в почве не выявлено. Но процентное содержание гумуса не даёт объективной оценки плодородия скелетных почв. При расчётах запасов гумуса оказалось, что они уменьшаются по мере увеличения скелетности или снижении запасов мелкозёма в почве. Запасы гумуса в 40-сантиметровом слое различнойскелетности колебались от 30 до 100 т/га. Растения шалфея лекарственного в угнетенном и удовлетворительном состоянии росли на почвах, где запасы гумуса были соответственно 30 и 45 т/га, а растения в хорошем и отличном состоянии – 60 и 94 т/га. Запасы гумуса в мелкозёме объективно отражают плодородие различных по скелетности почв (таблица).

Определялась массовая доля эфирного масла у растений в удовлетворительном, хорошем и в отличном состоянии в период массового цветения. Этот показатель у угнетенных растений составлял 0,9–1,1%, у растений в удовлетворительном состоянии – 1,2%, в хорошем – 1,3%, в отличном – 1,63%. Содержание эфирного масла изменялось пропорционально габитусу растений в сторону увеличения. Соответственно пропорционально этим показателям изменялся урожай сырой массы растений и сбор эфирного масла с единицы площади.

Исследован химический состав эфирного масла растений шалфея лекарственного в угнетенном состоянии и в отличном состоянии, а также в растениях, выращенных в НБС в хорошем состоянии. В эфирном масле шалфея лекарственного идентифицировано от 27 до 36 компонентов, основными являются α-туйон (23–34%), камфора (15–20%), β-туйон (10–16%), 1,8-цинеол (12–14%), кариофиллен (4–6%). Существенных различий в химическом составе эфирных масел этих групп растений не обнаружено.

В условиях орошения значительно усиливается рост шалфея лекарственного, формирование листовой поверхности шалфея протекает во много раз интенсивнее, чем без полива. Это происходит за счет увеличения количества листьев и их размеров. Орошение способствует более интенсивному развитию корневой системы шалфея [6, 7].

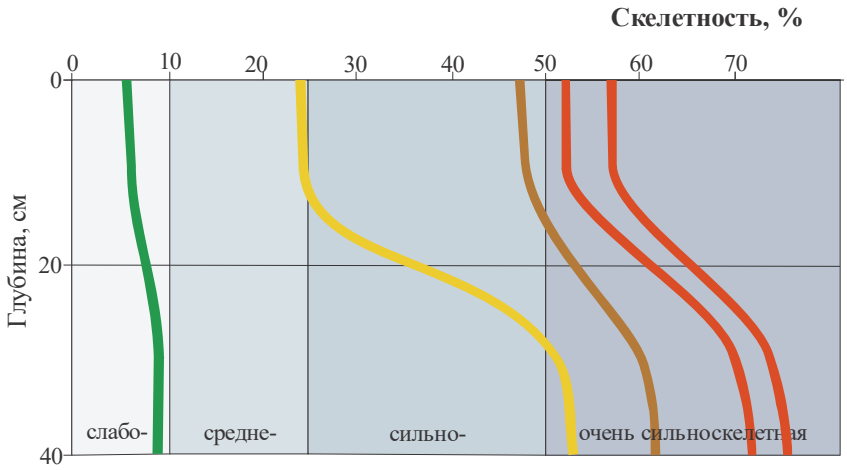


Рис. 1. Содержание скелета (% от веса почвы) в обыкновенном предгорном чернозёме под шалфеем лекарственным

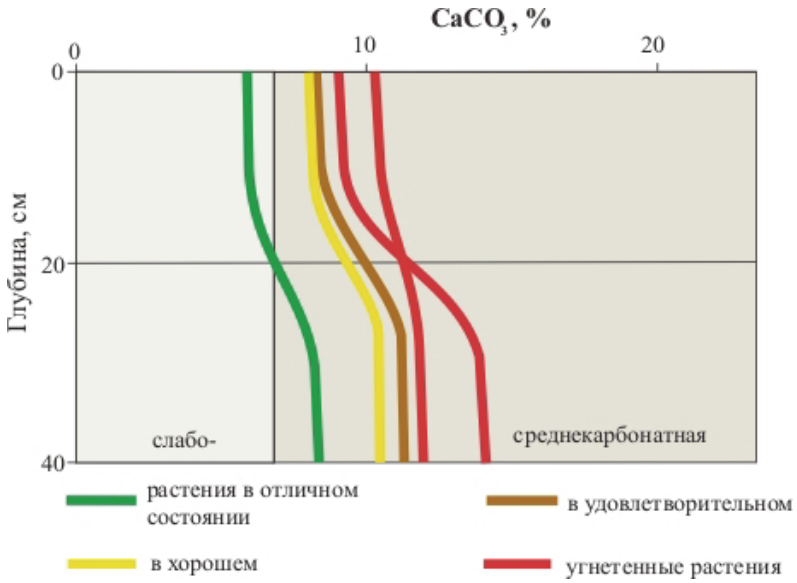


Рис. 2. Содержание карбонатов в обыкновенном предгорном чернозёме под шалфеем лекарственным

Скелетность, запасы мелкозёма, содержание гумуса и запасов гумуса в 0–40 см слое чернозёма предгорного

Состояние растений	Скелетность, %	Запасы мелкозёма, т/га	Гумус, %	Запасы гумуса, т/га
угнетенное	60,6	1733,6	1,8	31,2
удовлетворительное	48,8	2662,4	1,8	45,3
хорошее	33,0	3484,0	1,7	59,25
отличное	7,2	5196,8	1,8	93,5

В условиях орошения значительно усиливается рост шалфея, интенсивнее идет формирование листовой пластинки. Урожай шалфея лекарственного при орошении в первый год был в 3,3–4 раза выше, чем на богаре и составлял 13–16 ц/га (поддерживаемый режим влажности в корнеобитаемом слое почвы – 70–80% НВ), во второй – в 2–3 раза (21–30 ц/га). Изучалось влияние регулярного орошения на накопление эфирного масла в листьях шалфея по фазам

развития. У орошаемых растений по всем фазам наблюдается более высокое содержание эфирного масла, причем если на богаре листья имеют более 1% эфирного масла (на сухую массу) в период от июня по октябрь, то на орошении период накопления максимального количества масла начинается раньше, с фазы цветения и продолжается до более позднего периода. У орошаемых растений шалфея лекарственного листья более крупные, величина железок в 1,5 раза больше, чем на контроле [7].

С целью изучения влияния условий года на накопление эфирного масла у растений шалфея лекарственного нами проводилось определение содержания эфирного масла в надземной массе сырья (лист+стебель) каждый год в одно и то же время в течение 5 лет. В качестве основных факторов нами выбраны: средняя температура воздуха °С, сумма осадков, относительная влажность воздуха, сумма активных температур >5°С, сумма активных температур >10°С и продолжительность солнечного сияния.

В среднем за 5 лет наблюдений массовая доля эфирного масла надземной массы сырья составила 1,47±0,2% на сухое вещество. Интервал варьирования находился в довольно широких пределах от 1,15 до 1,92%. Чтобы учесть влияние внешних факторов среды, нами была построена модель продуктивности шалфея лекарственного первого года жизни. На основании дисперсионного анализа получено уравнение множественной линейной регрессии, которое имеет следующий вид:

$$\mathbf{У=-2,29+0,074\ X_1+0,002\ X_2+0,002\ X_3+0,0002\ X_4+0,0001\ X_5+0,0001\ X_6,}$$

где: У – массовая доля эфирного масла, % на сухую навеску; X_1 – средняя температура воздуха за период вегетации; X_2 – сумма осадков, мм; X_3 – относительная влажность воздуха, %; X_4– сумма активных температур >5°С; X_5 – сумма активных температур >10°С; X_6 – продолжительность солнечного сияния, час.

Модель показывает, какие гидротермические факторы внешней среды оказывают влияние на массовую долю эфирного масла шалфея лекарственного. Кроме того, нами определена сила влияния каждого фактора в отдельности при совокупном взаимодействии.

Показано, что наибольшее влияние на массовую долю эфирного масла оказывает сумма осадков за период вегетации, где показатель удельного веса влияния составляет 42%, далее – сумма активных температур >5°С, сила влияния которых составляла 30,7%, затем сумма активных температур $>10^0$С (16,7%). Несколько меньшее влияние оказывает среднесуточная температура воздуха за период вегетации (12,1%) и продолжительность солнечного сияния – 5,1% [3].

Массовая доля эфирного масла шалфея лекарственного определяется генетической основой растения и сохраняется или нарушается в зависимости от условий среды или генетических потенций.

В результате исследований можно сделать вывод, что лимитирующими факторами для роста и развития растений шалфея лекарственного для предгорного чернозема являются степень скелетности и степень карбонатности, запасы мелкозёма и гумуса в почве.Локальное орошение растений шалфея лекарственного способствует более интенсивному росту и развитию растений, значительно повышая его продуктивность. Полученная модель продуктивности шалфея лекарственного показывает, что основными факторами внешней среды для полноценного развития растений являются количество осадков и сумма активных температур и позволяет по гидротермическим параметрам рассчитать массовую долю эфирного масла шалфея лекарственного в данной агроклиматической зоне.

Литература

1. Корсакова С.П., Работягов В.Д., Федорчук М.И., В.Г. Федорчук. Интродукция и селекциявидоврода *Thymus* L. Биология. Экология. Биохимия. Херсон, 2012. 239 с.

2. Кощеев А.В. Влияние свойств почв на рост и продуктивность новых технических растений: автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Харьков, 1992. 18 с.

3. Кутько С.П., Работягов В.Д., ОрелТ.И. Шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.). Биология, биохимия и технология возделывания в условиях Предгорной зоны Крыма. Методические рекомендации. Ялта: НБС-ННЦ, 2004. 37 с.

4. Либусь О.К., Работягов В.Д., Кутько С.П., Хлыпенко Л.А. Эфирномасличные и пряноароматические растения. Фито-,и ароматотерапия. Херсон: Айлант, 2004. 272 с.

5. Опанасенко М.Є. Класифікація скелетних плантажованих ґрунтів. Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий темат.наук. зб.: за мат-лами міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми класифікації та діагностики ґрунтів». Харків, 2008. Вип. 69. С. 68–74.

6. Орёл Т.И., Работягов В.Д., Кутько С.П. Рост и продуктивностьорошаемыхэфиромасличных культур в условияхКрыма // Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова». 2002. Т. 4. С. 98–102.

7. Орел Т.І., Работягов В.Д., Федорчук М.І. Підгрунтове зрошення ефіролійних і лікарських культур в умовах степового Криму // Таврійський науковий вісник. 2001. Вип. 19. С. 132–135.

OPTIMUM SOIL PARAMETERS AND HYDROTHERMAL FACTORS FOR CULTIVATION *SALVIA OFFICINALIS* L. IN THECRIMEA

T.I. Oryol

The Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS, Yalta

Summary. *The results of the study of agro-ecological resources of the growth of medicinal sage in the Crimea are presented. Optimal soil parameters, the influence of irrigation and hydrothermal factors on the growth and development of sage have been determined.*

Keywords*: Salvia officinalis L.; chernozem foothill; gritty consistency; thecontent of carbonates; productivity model.*

УДК 631.45:631.461

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ БИОУГЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ НИЗКО ГУМУСИРОВАННЫХ ПОЧВ

Н.Е. Орлова, Е.Е. Орлова, Т.А. Банкина

Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, Санкт-Петербург, norlova48@mail.ru

Аннотация. *В краткосрочном модельном эксперименте изучено влияние биоугля (БУ) на основные агрохимические показатели мало гумусированных низко плодородных дерново-подзолистых почв (pH, содержание гумуса и подвижных форм основных элементов минерального питания растений). Определены объемы минерализации гумуса при внесении разных доз БУ. Выявлена активная минерализация гумуса под влиянием БУ, максимальная при концентрации 5% БУ.*

Ключевые слова: *биоуголь, гумус, минерализация, плодородие, агрохимические показатели, дерново-подзолистая супесчаная почва.*

Введение. БУ является продуктом термической деструкции различных органических материалов, протекающей при отсутствии кислорода. К настоящему времени зарубежными исследователями получен обширный экспериментальный материал по изучению его свойств, влияния на агрономически ценные свойства почв и уровень плодородия [1-3]. Установлено, что БУ стабилен, устойчив к химическому и биохимическому воздействию, имеет высокую абсорбционную способность и огромную пористость. В плане стратегии использования БУ зарубежные исследователи наиболее часто предлагают внесение его в почвы с целью повышения плодородия, а также в целях смягчения последствий изменения климата за счет секвестирования углерода [4, 5]. Однако, несмотря на значительное внимание исследователей к этим вопросам, многие аспекты действия БУ на компоненты природной среды остаются недостаточно исследованными, а результаты изучения часто являются противоречивыми. Такое положение связано с тем, что БУ может обладать очень разными свойствами в зависимости от используемого для получения сырья, режима термической обработки, а влияние его на агроценозы зависит от особенностей почвенно-климатических условий и способов применения. При рассмотрении возможных последствий внесения БУ в почвы наиболее остро стоит вопрос об интенсификации процесса минерализации гумуса. В этой связи перспектива использования БУ в почвах Российской Федерации требует предварительного всестороннего изучения действия этого мелиоранта на функционирование всех компонентов агроценозов. Особое внимание необходимо уделить исследованию влияния БУ на агрохимические показатели состояния почв и процессы трансформации системы гумусовых веществ. Это позволит определить целесообразность использования БУ в качестве средства повышения плодородия разных типов почв.

Цель исследования – дать агроэкологическую оценку применения БУ в мало гумусированных низко плодородных дерново-подзолистых почвах (на примере почв Ленинградской области). В задачи исследования входило изучение влияния БУ на основные агрохимические показатели исследуемых почв (pH, содержание гумуса, обогащенность его азотом, содержание подвижных форм основных элементов минерального питания растений); и объемы минерализации гумуса при внесении разных доз БУ.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования явились пахотные горизонты (0–20 см) двух окультуренных дерново-подзолистых почв Ломоносовского (почва 1) и Гатчинского (почва 2) районов Ленинградской области. БУ, используемый в экспериментах, был произведен быстрым пиролизом из древесины березы и осины при 550°С. Подробная характеристика БУ представлена ранее [6, 7]. Содержание в БУ общего углерода 82% (сухое сжигание), содержание углерода, окисляемого мокрым сжиганием (по Тюрину) 1,3%, pH_{H2O} 7,2.

Для изучения влияния БУ на агрохимические свойства почв и объемы минерализации гумуса был поставлен 30-дневный инкубационный эксперимент. Опыт проводили в пластиковых сосудах при температуре 25°С. Масса почвы в сосудах составляла 200 г в пересчете на сухое вещество, концентрация БУ в почве 0 (контроль), 1, 5 и 10%. После добавления БУ и тщательного пе-

ремешивания почвы увлажняли до 60% от полной влагоемкости. Данную влажность поддерживали в течение всего эксперимента. Повторность вариантов опыта 3-хкратная.

Арохимические характеристики определяли по стандартным методикам [8]. Содержание гумуса (почвенного органического вещества) рассчитывали на основании определения общего углерода по окисляемости (по Тюрину) с использованием коэффициента 1,724. Статистическую обработку данных проводили с помощью IBM SPSS Statistics, Version 25. Достоверность различий между средними оценивали с помощью критерия Student-Newman-Keuls при $p<0,05$.

Результаты и обсуждение. Показатели агрохимического состояния в значительной степени определяют уровень плодородия почв и их экономическую ценность и являются необходимым элементом при оценке экологического состояния агроценозов. На основании проведенных исследований показано, что внесение БУ в дерново-подзолистые низко гумусированные почвы не вызвало достоверного изменения актуальной кислотности по сравнению с контролем (таблица). Аналогичные результаты получены отечественными исследователями для мало гумусированных дерново-подзолистых почв Республики Татарстан [9]. В то время как по данным зарубежных авторов БУ оказывает положительное влияние на изменение pH кислых почв в сторону подщелачивания. Более того, некоторые исследователи предлагают вносить БУ вместо известкования почв.

Влияние БУ на агрохимические свойства дерново-подзолистых супесчаных почв, концентрация БУ 1%, длительность инкубации 30 дней

Вариант опыта	pH_{KCl}	Гумус, %	C:N	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	P_2O_5	K_2O
				мг/кг			
Почва 1							
Исходная	5,0 ± 0,03a	2,41 ± 0,04c	13	16 ± 1a	24 ± 2b	82 ± 2b	88 ± 3a
Контроль	5,1 ± 0,00a	2,35 ± 0,03b	14	26 ± 0c	12 ± 1a	84 ± 3ab	84 ± 2a
Биоуголь	5,4 ± 0,03a	2,20 ± 0,04a	15	20 ± 1b	14 ± 1a	75 ± 2a	98 ± 3b
Почва 2							
Исходная	5,3 ± 0,03a	1,98 ± 0,02c	13	10 ± 1a	12 ± 1b	68 ± 2a	99 ± 4a
Контроль	5,3 ± 0,02a	1,90 ± 0,03b	13	19 ± 1c	7 ± 2a	65 ± 2a	102 ± 2a
Биоуголь	5,4 ± 0,02a	1,74 ± 0,06a	14	16 ± 1b	8 ± 1a	63 ± 2a	109 ± 3b

Примечание. ± стандартное отклонение; разными буквами обозначены средние значения, различающиеся между собой при $p<0,05$

Внесение БУ приводит к снижению по сравнению с контролем содержания нитратного азота в почве. Это может происходить из-за способности к сорбции питательных веществ и органического вещества на поверхности БУ. Напротив, содержание обменного калия возрастает. Что касается влияния БУ на содержание аммонийных форм азота и обменного фосфора, то изменений по сравнению с контролем не выявлено.

В наибольшей степени из исследуемых показателей под влиянием БУ изменяется содержание гумуса. В научной литературе на характер изменения содержания гумуса в почвах с БУ встречаются противоположные точки зрения – одними исследователями показана активная минерализация органического вещества почв, другими фиксируется его увеличение или стабилизация. На основании проведенных экспериментов установлено, что минерализация органического вещества в почвах под влиянием БУ протекает интенсивнее, чем в контроле (на 6–8%). В целом минерализация органического вещества в исследуемых почвах только за 30 дней инкубации составляет 9–12% от исходного содержания. Это весьма значительная потеря гумуса, тем более для почв с низким содержанием органического вещества, которое характерно для почв Северо-Запада России.

Изучение влияния разных концентраций БУ на минерализацию органического вещества исследуемых почв показало, что наиболее интенсивно она протекает в варианте с 5% БУ и составляет уже 17–18% от исходного содержания. Дальнейшее увеличение концентрации БУ до 10% уже не приводит к столь значительному усилению данного процесса и составляет 11–14%. Это может быть связано с ограничением доступности для микроорганизмов питательных веществ и органического вещества за счет их сорбции на поверхности БУ. В результате

может происходить снижение микробиологической активности и, соответственно, скорости минерализации органического вещества.

На основании проведенного краткосрочного лабораторного эксперимента следует отметить, что в целом БУ не оказывает отрицательного действия на основные агрохимические показатели исследуемых низко гумусированных кислых почв. Исключением является негативное влияние, которое БУ оказал на содержание гумуса исследуемых почв. Выявленная активная минерализация ОВП, вероятно, отрицательно скажется на их агроэкологическом состоянии и, в том числе, на их экологической устойчивости.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Агрофизического научно-исследовательского института Г.Г. Пановой и Е.Я. Рижия за предоставление образцов почв Гатчинского района и БУ для исследований.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (18-016-00208).

Литература

1. Lehmann, J., Czimczik, C., Laird, D., Sohi, S. (2009). Stability of biochar in soil. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London, pp. 183–205.

2. DeLuca TH, MacKenzie MD, Gundale MJ (2009) Biochar effects on soil nutrient transformations. In: Lehmann J, Joseph S (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London: 251–270.

3. Luo Y, Zang H, Yu Z, Chen Z, Gunina A, Kuzyakov Y, Xu J, Zhang K, Brookes P (2017) Priming effects in biochar enriched soils using a three-sourcepartitioning approach: ^{14}C labelling and ^{13}C natural abundance. Soil Biology & Biochemistry 106: 28–35.

4. Smith JL, Collins HP, Bailey VL (2010) The effect of young biochar on soil respiration. Soil Biology & Biochemistry 42: 2345–2347.

5. Kuzyakov Y, Bogomolova I, Glaser B (2014) Biochar stability in soil: decomposition during eight years and transformation as assessed by compound-specific ^{14}C analysis. Soil Biology & Biochemistry 70: 229–236.

6. Рижия Е.Я., Бучкина Н.П., Мухина И.М., Белинец А.С., Балашов Е.В. Влияние биоугля на свойства образцов дерново-подзолистой супесчаной почвы с разной степенью окультуренности (лабораторный эксперимент) // Почвоведение. 2015. № 2. С. 211–220.

7. Орлова Н.Е., Лабутова Н.М., Орлова Е.Е., Банкина Т.А. Биохимические и микробиологические аспекты применения биоугля в качестве мелиоранта почв. Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. Сб. научн. тр. по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. Краснодар, 2917. С. 323–325.

8. Крейер К.Г. и др. Практикум по агрохимическому анализу почв: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ. 2005. 88 с.

9. Григорьян Б.Р., Грачев А.Н., Кулагина В.И., Сунгатуллина Л.М., Кольцова Т.Г., Рязанов С.С. Влияние биоугля на рост растений, микробиологические и физико-химические показатели мало гумусированной почвы в условиях вегетационного опыта // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19, № 11. С. 185–189.

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE BIOCHAR USE TO IMPROVE THE FERTILITY OF SOD-PODZOLIC LOW HUMUS SOILS

N.E. Orlova, E.E. Orlova, T.A. Bankina

St. Petersburg state University, Russia, St. Petersburg, norlova48@mail.ru

Summary. *In a short-term model experiment, the influence of biochar (BC) on the main agrochemical parameters of low humused low-fertile sod-podzolic soils was studied. The level of humus mineralization is determined under the different doses of BC. Active humus mineralization under the influence of BC was revealed, with the maximum under 5% of BC.*

Keyword: *biochar, humus, mineralization, fertility, agrochemical parameters, sod-podzolic sandy loam soil.*

УДК 581.55:631.4 (470.67)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗОВ НА КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ДАГЕСТАНА

Н.И. Рамазанова[1], Г.Н. Гасанов[1, 2, 3], З.Н. Ахмедова, Ж.О. Шайхалова, К.Б. Гимбатова

[1] Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, Россия, Махачкала
[2] Институт экологии и устойчивого развития ФГОУ ВО Дагестанский государственный университет, Россия, Махачкала
[3] ФГБУ ВО Дагестанский ГАУ имени М.М. Джамбулатова, Россия, Махачкала nikuevich@mail.ru

Аннотация. *Изучено функционирование агроценоза озимой пшеницы по основным показателям круговорота органического вещества в течение 3 лет (2012–2014 гг.). Объект исследования – озимая пшеница сорт «Безостоя» возделываемая в условиях равнинного Дагестана. Количественные параметры, характеризующие структуру биологического круговорота органического вещества и функционирования агроценозов, позволят прогнозировать динамику и степень изменения агроэкосителя и наметить пути повышения их продуктивности и устойчивости.*
Ключевые слова: *агроценоз, гумус, полевая влажность, pH, озимая пшеница, структура фитомассы, запасы фитомассы.*

Основным показателем функционирования биогеоценоза является продуктивный процесс – совокупность продуцирования, трансформации и разложения растительного вещества и изменение его запасов в биогеоценозе.

Агрофитоценоз – монодоминантное несформированное растительное сообщество, тогда как естественный фитоценоз – растительное сообщество с высокой насыщенностью видами травянистых многолетников – злаки, бобовые, разнотравье весеннего, раннелетнего, летнего и позднелетнего циклов развития.

Количественные параметры, характеризующие структуру биологического круговорота растительного вещества и функционирования (изменения во времени) ценозов, позволят прогнозировать динамику экосистем и наметить пути повышения их продуктивности и устойчивости.

Объекты и методы исследований. Агроценоз рассматривали как агросистему, основными компонентами которой являются фитоценоз одной пшеницы и почва.

Выделялись блоки системы: зеленая фитомасса, ветошь, зерно, полова, солома, сорняки, корни пшеницы и сорняков, подземная мортмасса (мертвые корни, солома и другие растительные остатки).

Изучались потоки (процессы): образование наземной и подземной биомассы (первичной продукции), переход подземной фитомассы в ветошь, поступление растительных остатков на почву и в почву, разложение подземной фитомассы, скорость продуцирования органического вещества в надземной сфере агроценоза. Применение данного метода позволило учитывать величину чистой первичной продукции озимой пшеницы, которая обычно занижена при ее расчетах по запасам растительного вещества в момент уборки урожая.

Период исследований (2012–2014 гг.) характеризовался изменчивостью гидротермических условий, что обусловило значительные колебания запасов фитомассы в блоках и продуктивности озимой пшеницы в разные годы.

Содержание гумуса определяли по методу Мачигина в модификации ЦИНАО [1]. При расчете чистой первичной продукции применяли балансовый метод, предложенный А.А. Титляновой [2–5].

Обсуждение результатов. Посевы озимой пшеницы выступают как агросистема с почвой и микроорганизмами, а также с заметной динамикой влажности, гумуса и pH (табл. 1).

Учет запаса надземной фитомассы осуществляли укосным методом в пятикратной повторности, с площадок размером квадратный метр. Учет запасов подземной фитомассы проводили методом отбора почвенных монолитов, с площадок размером 10×20 см на глубину 0–30 см по фазам развития пшеницы: кущение, колошение, молочная и полная спелость (на

воздушно-сухое вещество) [6]. В структуре агроценоза выделялись блоки системы: зеленая фитомасса, ветошь, зерно, полова, солома, сорняки, надземная мортмасса. Отбор фитомассы приурочен к основным фенофазам озимой пшеницы.

Таблица 1

Показатели почвы посевов пшеницы

Глубина, см	Полевая влажность, %	Гумус, %	Водный pH
0–10	6,4	2,17	8,15
15–25	12,6	1,86	8,40
35–45	15,1	1,38	8,30

В разные годы и месяцы наблюдаются значительные колебания запасов фитомассы и продуктивности озимой пшеницы, связанные с изменчивостью влажности (табл. 1, 2) и температуры, когда в условиях летней засухи продукционный процесс заторможен.

Запасы надземной фитомассы (табл. 2) были различными и максимум приходились на период полной спелости, тогда как запасы подземной фитомассы зафиксированы в фазу молочной спелости. В период созревания пшеницы в подземной сфере начинали преобладать деструкционные процессы и шло уменьшение надземной массы.

Фитомасса пшеницы характеризуется увеличением запаса органического вещества в течение вегетационного периода. Часть запасов зеленой биомассы используется для их роста корней, когда весовая доля листьев и стеблей пшеницы падает за счет оттока органического вещества в зерно и корни.

При учете подземной массы выделялись живые корни и мортмасса, куда входили мертвые корни, пожнивные остатки и другие неразложившиеся растительные остатки. Основная масса корней была расположена в слое 0–30 см и составила 50% от всего кол-ва корней в слое почвы 0-70 см. С глубиной количество корней уменьшается. Запасы корней за 2 года в среднем составили 54,61 – 140,38, а мортмассы – 13,48 – 225,19 г/м^2.

Таблица 2

Динамика запасов фитомассы в агроценозе озимой пшеницы, г/м^2

Структура фитомассы	Сроки отбора проб			
	Апрель выход в трубку	Май колошение	Начало июня молочная спелость	Конец июня полная спелость
Листья	124,79	119,22	–	
Стебли	94,43	453,73	359,60	
Колосья		102,27	255,31	279,2
Зерно				162,6
Ветошь	60,42	117,37	183,43	450,16
Солома				216,47
Стерня				233,54
Полова				116,46
Сорняки	39,62	28,62	20,79	15,03
Надземная фитомасса	319,26	821,21	919,13	1194,37
Корни	54,61	61,70	140,38	113,46
Мортмасса	13,48	103,01	217,56	225,19
Подземная фитомасса в слое 0-30 см	68,09	164,71	357,94	338,65
Вся фитомасса	387,35	985,92	1177,1	1533,02

Запасы фитомассы в блоках и продуктивности озимой пшеницы определяются изменчивостью показателей влажности и температурных колебаний по годам и месяцам. Запасы растительного вещества в момент уборки урожая по годам составляли от 59 до 72% от всей продукции, а продукция озимой пшеницы колеблется от 934 до 1335 г/м^2, составив в среднем 1083 г/м^2. Запасы растительного вещества в агроценозе в целом в годы исследования колебались от 628 до 963 г/м^2, составляя в среднем 741 г/м^2.

Деструкция растительных остатков – один из важнейших процессов, обеспечивающих устойчивость биогеоценозов. В разные годы в почву с растительными остатками возвращается неодинаковое количество органического вещества.

Причем, поступление растительных остатков в почву происходит не только после уборки урожая, но и в летнее время с отмирающими побегами и листьями, что за годы исследований составило 30–40% от общего объема.

Таблица 3

Некоторые показатели биологического круговорота растительного вещества в агроценозе озимой пшеницы

Показатели круговорота	Средние данные (2012–2014 гг.)
Чистая первичная продукция, г/м^2	1083 г/м^2
Запас растительного вещества	741
Отчуждение с урожайности г/м^2	511
Поступление растительных остатков в почву всего	572
В т.ч. после уборки урожая	347
Летнее поступление	225
Степень скомпенсированности круговорота	0,83
Время отбора органического вещества	0,68

Степень скомпенсированности круговорота органического вещества составила в исследуемый период 0,68–0,91, а время его оборота – составила 0,68.

Заключение. В агроценозах структура растительного вещества различна. Общие его запасы в естественных ценозах значительно превосходят таковые в агроценозе.

Механизм сохранения полной продукции осуществляется в полной мере лишь в природных экосистемах, что свидетельствует о высоких адаптационных возможностях естественных ценозов по сравнению с зерновыми агроценозами, где продукция отчуждается в виде зерна и соломы.

Мертвое органическое вещество (ветошь + войлок) почвы и ее гидротермический режим – аккумуляторы питательных элементов в естественном ценозе выше, чем в «однокомпонентной системе агроценоза.

Полученные нами показатели биологического круговорота вещества могут быть использованы при разработке научных обоснованных региональных систем земледелия в районах возделывания озимой пшеницы в богарных условиях.

Литература

1. Мачигин. Практикум по агрохимии (под редакцией Б.А. Ягодина). М.: Агропромиздат. 1987. 512 с.

2. Титлянова А.А. Продуктивность травяных экосистем // Биологическая продуктивность травяных экосистем». Новосибирск. Наука. Сибирское отделение. 1988. С. 109–127.

3. Титлянова А.А. О режимах биологического круговорота в надземных биоценозах. Новосибирск: Наука, 1982. 185 с.

4. Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Особенности функционирования травяных экосистем // Общая биология. 2010. Т. 71, № 1. С. 75–96.

5. Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Биологический круговорот на пяти континентах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008.

6. Заболочкая Т.Г. Биологический круговорот элементов в агроценозах и их продуктивность. Л.: Наука, 1985. 175 с.

BIOLOGICAL PRODUCTIVITY AGROCENOSES CHESTNUT SOILS DAGESTAN

N.I. Ramazanova[1], G.N. Hasanov[1,2,3], Z.N. Akhmedova[1], Zh. Shaikhalova[1], K.B. Gimbatova[1]

[1]Prikaspiysky Institute of Biological Resources of the Russian Academy of Sciences, Russia, Makhachkala, nikuevich@mail.ru

[2]Institute of Ecology and Sustainable Development FGOU VO Dagestan State University, Russia, Makhachkala
[3]FGBU of the Dagestan State University named after M.M. Dzhambulatova, Russia, Makhachkala

Summary. *The functioning of winter wheat agrocenosis has been studied according to the main parameters of the organic matter circulation within 3 years (2012-2014). The object of the study is winter wheat "Bezosta" cultivated in the conditions of the plain Dagestan. The quantitative parameters that characterize the structure of the biological cycle of organic matter and the functioning of agrocenoses allow us to predict the dynamics and degree of changes in the agroeconomist and outline ways to increase their productivity and sustainability.*
Keywords: *agrocenosis, humus, field moisture, pH, winter wheat, phytomass structure, phytomass stocks.*

УДК 631.895;633.358;631.438.2

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

А.Н. Ратников, С.П. Арышева, Д.Г. Свириденко, Г.И. Попова, К.В. Петров

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Калужская область, Обнинск, ratnikov-51@mail.ru

Аннотация. *Установлено, что применение комплексного органо-минерального удобрения СУПРОДИТ-М на дерново-подзолистой почве, содержащей ^{137}Cs, увеличило урожайность гороха на 25% по сравнению с контролем. Внесение в почву СУПРОДИТа-М позволило получить зерно с наименьшим содержанием ^{137}Cs – в 2,1 раза ниже, чем в контроле. СУПРОДИТ-М оказывал положительное действие на качество гороха: содержание протеина в зерне повысилось на 0,7-0,8%, а клетчатки – на 0,65% по сравнению с контролем. Урожай зерна гороха при обработке вегетирующих растений органо-минеральным комплексом ГЕОТОН был на 10-17% выше, чем без применения. Обработка растений гороха ГЕОТОНом обеспечила снижение содержания ^{137}Cs в зерне до 1,5 раза.*

Ключевые слова: *СУПРОДИ-М, ГЕОТОН, ^{137}Cs, дерново-подзолистая супесчаная почва, горох, урожайность, накопление, качество.*

Введение. Площадь радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодий в результате крупных радиационных аварий на химкомбинате «Маяк» (Южный Урал) и на Чернобыльской АЭС составляет более 17 млн га. В Российской Федерации территория 21 административной единицы подверглась радиоактивному загрязнению после аварии на ЧАЭС. Наиболее высокие уровни загрязнения зарегистрированы в Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях. Критериями для принятия решения о необходимости проведения работ по восстановлению почв на радиоактивно загрязненных территориях служат превышение содержания радионуклидов (РН) в получаемой сельскохозяйственной продукции [1, 2].

В сельскохозяйственной практике накоплен богатый экспериментальный материал, касающийся способов снижения поступления РН из почвы в растения. Разработан ряд агрохимических приемов, оказывающих модифицирующее влияние на подвижность РН. Данные мероприятия являются наиболее рациональными как для решения проблемы сохранения плодородия почвы, так и получения продукции с содержанием РН, соответствующим санитарно-гигиеническим нормативам [3, 4].

Актуальность. Сокращение проведения агрохимических реабилитационных мероприятий на радиоактивно загрязненных угодьях вызывает необходимость поиска дополнительных средств для поддержания плодородия почв и снижения подвижности РН в почве, и как следствие ограничение их перехода из почвы в растения.

Усовершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур в условиях радиоактивного загрязнения с применением препаратов, разработанных во ВНИИРАЭ, проводится с 2006 г. В 2017 г. для решения этой задачи при возделывании гороха были использованы: органо-минеральное удобрение (ОМУ) СУПРОДИТ-М и органо-минеральный комплекс (ОМК) ГЕОТОН.

СУПРОДИТ-М – это медленно действующее комплексное удобрение на основе трепела (тонкопористого кремнистого минерала) и торфа. СУПРОДИТ-М содержит легкоусвояемый азот и биологически активные вещества – гуматы калия. Элементный состав СУПРОДИТ-а М (%): N – 11,4; P_2O_5 – 12; K_2O – 18; Ca– 0,33; Mg – 0,92, органическое вещество – 30. Содержание микроэлементов в удобрении (мг/кг): B – 1200; Mo – 1400. Удобрение имеет повышенную сорбционную способность по отношению к загрязняющим почву веществам – тяжелым металлам и радионуклидам (^{137}Cs) техногенного происхождения. СУПРОДИТ-М обладает пролонгированным действием**,** применяется в качестве основного удобрения в до-

зах 650-1000 кг/га, общепринятых для минеральных удобрений в Центральном регионе РФ. СУПРОДИТ-М защищён патентом Российской Федерации № 2426711 [5, 6].

Основным сырьем для производства ГЕОТОНа является низинный торф. ГЕОТОН представляет собой комплексный универсальный жидкий концентрат темного цвета с содержанием (%) N – 9-14, P – 23-25, K – 23-29, органического вещества 32–45, в том числе гуматов калия 9-12. ГЕОТОН безвреден при использовании, хорошо растворим в воде, совместим с большинством используемых минеральных удобрений и средств защиты растений, защищен патентом Российской Федерации № 2490241 [7, 8].

При обработке вегетирующих растений (и посадок) ГЕОТОН применяется в дозе 1 л/га и с нормой расхода рабочей жидкости 300 л/га, 1-2 раза за вегетационный период, в ответственные фазы развития растений. Для предпосевной обработки семенного материала концентрат ГЕОТОНа разбавляется водой в соотношении 1:40. На 1 тонну семенного материала расходуется 10 л приготовленного рабочего раствора (возможно применение совместно с препаратами для протравливания семян от возбудителей болезней).

Механизм действия ГЕОТОНа основывается на активировании физиолого-биохимических процессов в растениях, при действии содержащихся в препарате биологически активных веществ. Применение ГЕОТОНА повышает иммунитет растений, увеличивает эффективность корневого питания растений, в результате повышается урожайность сельскохозяйственных культур и качество производимой продукции.

Цель исследования: получить экспериментальные данные по влиянию СУПРОДИТа-М и ГЕОТОНа на продуктивность, качество зерна гороха и на накопление ^{137}Cs в урожае в условиях вегетационных опытов на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Объекты и методы исследования. Горох (*Pisum sativum* L.) сорт Фараон выращивали в вегетационном опыте в сосудах на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика почвы: гумус – 1,2%; pH_{KCl} 4,7; Нг – 4,12 и сумма поглощенных оснований – 1,80 смоль(экв)/кг почвы, соответственно; содержание P_2O_5 и K_2O – 124 и 135 мг/кг почвы, Ca и Mg – 1,17 и 0,21 смоль(экв)/кг почвы, соответственно. Схема опыта:; 1. ^{137}Cs; 2. NPK + ^{137}Cs; 3. СУПРОДИТ-М + ^{137}Cs; 4. Азофоска + ^{137}Cs; 5. ^{137}Cs + обработка ГЕОТОНом; 6. NPK + ^{137}Cs + обработка ГЕОТОНом; 7. СУПРОДИТ-М + ^{137}Cs + обработка ГЕОТОНом; 8. Азофоска + ^{137}Cs + обработка ГЕОТОНом. Повторность опыта 4-х кратная. Радионуклид вносили в виде раствора $^{137}CsCl$ – 74 кБк/кг почвы. СУПРОДИТ-М и азофоску (16:16:16) вносили в почву в сопоставимых количествах с дозой внесения минеральных удобрений в виде растворов солей NH_4NO_3, KH_2PO_4, KCl: ($N_{100}P_{120}K_{180}$). Обработка растений ГЕОТОНом проводилась дважды: конец стеблевания (в фазу 5-6 листьев) и через 10 дней после первой обработки (в фазу начала бутонизации). До урожая в каждом сосуде оставляли по 6 растений.

Содержание ^{137}Cs в зерне после сухого озоления определяли методом полупроводниковой гамма-спектрометрии с использованием детектора из сверхчистого германия (HPGe, ORTEC) и анализатора спектра IN 1200 (INTERTECHNIQUE), Франция. Содержание сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги в зерне определяли по ГОСТу Р 50817-95 [9]. Статистическую обработку результатов исследований проводили стандартными методами с использованием программы MS Excel.

Обсуждение результатов. Урожай зерна гороха при внесении в дерново-подзолистую почву, содержащую ^{137}Cs, СУПРОДИТа-М повысился на 25% по сравнению с контролем (без удобрений). Применение азофоски обеспечило рост урожайности на 35%. Наибольший положительный эффект в повышении урожая зерна гороха получен в варианте с внесением N, P_2O_5, K_2O в легкодоступном виде (рис. 1). Урожай зерна при обработке растений ГЕОТОНом повышался на 10-17% по сравнению с вариантами без применения препарата. Наибольший положительный эффект действия ГЕОТОНа на формирование урожайности гороха получен в варианте с азофоской. Урожайность гороха при использовании ГЕОТОНа на фоне СУПРОДИТа-М была на 14,7% выше, чем в варианте без обработки.

Известно, что зернобобовые культуры (сем. Fabaceae) в условиях радиоактивного загрязнения почв накапливают в урожае ^{137}Cs до 10 раз больше, чем зерновые яровые и озимые

[10]. Для прогнозирования накопления ^{137}Cs в урожае и сравнительной оценки эффективности агрохимических приемов по уменьшению перехода радионуклидов из почвы в растения использовали Кн^{137}Cs, который рассчитывали как отношение содержания радионуклида в сухой массе растений (Бк/кг) к содержанию радионуклида в массе почвы (Бк/кг). При выращивании гороха на дерново-подзолистой супесчаной почве наибольшее количество ^{137}Cs в зерне отмечено на контроле. Применение минеральных удобрений и СУПРОДИТа-М оказывало значительное влияние на переход ^{137}Cs из почвы в растения. Кн^{137}Cs зерном гороха при внесении солей в растворимом виде снижался в 1,4 раза по сравнению с контролем без удобрений (рис. 2).

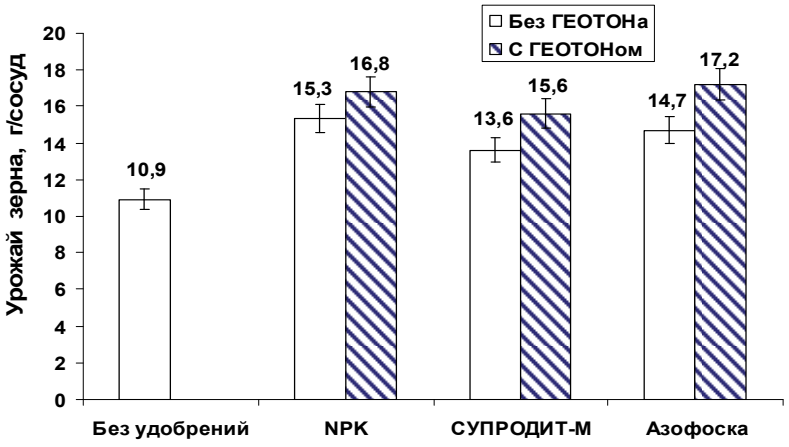


Рис. 1. Влияние СУПРОДИТа-М и ГЕОТОНа на урожайность гороха.

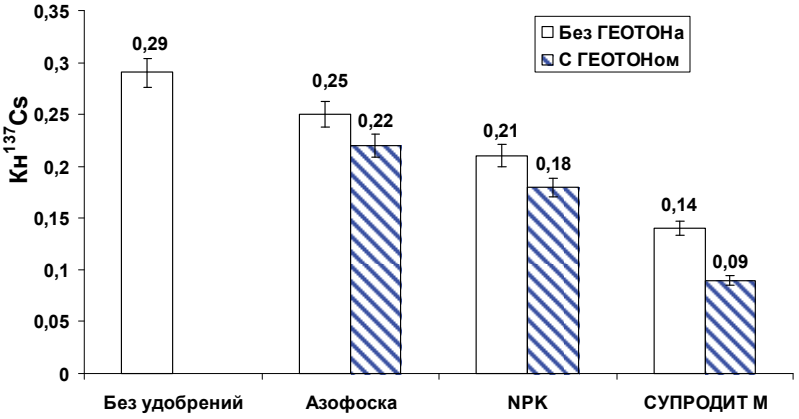


Рис. 2. Влияние СУПРОДИТа-М и ГЕОТОНа на накопление ^{137}Cs в зерне гороха.

Использование азофоски было менее эффективно, содержание ^{137}Cs в зерне гороха снизилось в 1,2 раза. СУПРОДИТ-М М ограничивал поступление ^{137}Cs из почвы в растения в 2 раза по сравнению с контролем. Содержание ^{137}Cs в зерне гороха при внесении СУПРОДИТа-М было в 1,5-1,8 раза ниже, чем в вариантах с минеральными удобрениями. Эффективность СУПРОДИТа-М, обладающего свойствами сорбента, по снижению аккумуляции ^{137}Cs в зерне гороха была значительно выше, чем азофоски.

Обработка растений ГЕОТОНом не только повышала продуктивность гороха, но и способствовала снижению накопления ^{137}Cs в урожае: на фоне азофоски в 1,1 раза, а при внесении простых минеральных удобрений в 1,2 раза. Кн^{137}Cs при внесении СУПРОДИТа-М и использовании ГЕОТОНа был в 1,5 раза ниже, чем в варианте без обработки ГЕОТОНом. Применение СУПРОДИТа-М и ГЕОТОНа в технологиях возделывания гороха на дерново-подзолистой супесчаной почве способствовало получению зерна с содержанием ^{137}Cs в

3,2 раза меньше по сравнению с неудобренной почвой. Положительный эффект совместного применения азофоски и ГЕОТОНа по снижению перехода ^{137}Cs из почвы в растения и накопления в зерне гороха по сравнению с контролем составил 1,3 раза. Кн^{137}Cs зерном при обработке растений ГЕОТОНом на фоне СУПРОДИТа-М был в 2,4 раза ниже, чем в варианте с азофоской.

Качество зерна гороха по таким показателям, как содержание сухого вещества, сырого протеина, клетчатки и жира определяли в вариантах на почве, не загрязненной ^{137}Cs (таблица). Достоверных различий по содержанию сухого вещества и золы в зерне гороха на фоне минеральных удобрений и СУПРОДИТа-М не выявлено. Содержание сырой клетчатки в варианте с СУПРОДИТом-М увеличилось по сравнению с контролем на 0,65%. При внесении СУПРОДИТа-М и азофоски в дерново-подзолистую супесчаную почву содержание сырого протеина в зерне было на 0,68–0,80% выше, чем на контроле. Применение солей в растворимом виде в условиях вегетационного опыта обеспечило получение зерна с наибольшим содержанием сырого протеина.

Влияние СУПРОДИТа-М и минеральных удобрений на качество зерна гороха

Вариант	Урожай зерна, г/сосуд	Содержание в зерне гороха, %				
		Зола	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сухое вещество
^{137}Cs (Контроль)	10,9	2,02	17,01	2,47	3,72	89,32
NPK + ^{137}Cs	15,3	2,06	18,28	2,57	3,88	89,32
СУПРОДИТ-М + ^{137}Cs	13,6	2,18	17,81	2,40	4,37	89,55
Азофоска + ^{137}Cs	14,7	2,07	17,69	2,50	3,88	89,38
$НСР_{05}$	1,2	0,24	0,76	0,17	0,61	0,36

Заключение. Результаты исследований в вегетационных опытах показали, что применение СУПРОДИТа-М при выращивании гороха на дерново-подзолистой супесчаной почве позволило получать зерно с наименьшим содержанием ^{137}Cs по сравнению с использованием минеральных удобрений. Эффективность СУПРОДИТа-М по снижению накопления ^{137}Cs в зерне гороха была в 1,8 раза выше, чем азофоски. Обработка вегетирующих растений ГЕОТОНом обеспечивала снижение содержания ^{137}Cs в зерне гороха на фоне СУПРОДИТа-М в 1,5 раза, а на фоне минеральных удобрений – в 1,1–1,2 раза по сравнению с вариантами без применения препарата. СУПРОДИТ-М повышал урожайность гороха по сравнению с контролем на 25%. Урожай зерна гороха в варианте с СУПРОДИТом-М при обработке ГЕОТОНом был на 15% выше, чем без применения препарата. Эффективность ГЕОТОНа в повышении урожайности гороха на фоне минеральных удобрений и азофоски составила 10–17%. СУПРОДИТ-М оказывал положительное действие на качество гороха: содержание протеина в зерне повышалось на 0,7–0,8%, а клетчатки – на 0,65% по сравнению с контролем.

Литература

1. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs. Ветеринарные правила и нормы. ВП 13.5.13/06-01.

2. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01, СанПиН 2.3.2.2650–10.

3 Алексахин Р.М., Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Жигарева Т.Л. Реестр технологических приемов восстановления техногенно нарушенных сельскохозяйственных земель. Обнинск, 2009. 106 с.

4. Санжарова Н.И., Ратников А.Н., Спиридонов С.И., Гераськин С.А., Ульяненко Л.Н., Филипас А.С., Спирин Е.В., Исамов Н.Н. (ст.), Круглов С.В., Панов А.В., Жигарева Т.Л., Кузнецов В.К., Грудина Н.В., Анисимов В.С., Попова Г.И., Пименов Е.П. и др. Технологические приемы, обеспечивающие повышение устойчивости агроценозов, восстановление нарушенных земель, оптимизацию земледелия и получение соответствующей нормативам сельскохозяйственной продукции / под ред. Н.И. Санжаровой. Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2010. 180 с.

5. Баланова О.Ю., Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Сюняев Н.К., Леонова Ю.В. Влияние новых комплексных удобрений СУПРОДИТ-М и ГЕОТОН на продуктивность, качество зерна ячменя и биологическую активность почвы // Научные труды КФ РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Юбилейный выпуск (№ 11) к 150-летию РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Калуга. 2015. С. 73-78.

6. Ратников А.Н., Санжарова Н.И., Жигарева Т.Л., Свириденко Д.Г., Попова Г.И., Петров К.В., Бочкарев С.Н. Разработка и апробация новых комплексных органо-минеральных удобрений // Мат-лы научно-практической конференции: «Новые перспективные комплексные удобрения для сельскохозяйственного производства» (разработка, опыт применения, эффективность)» / под ред. А.Н. Ратникова, В.Н. Мазурова. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ Россельхозакадемии, 2013. С. 7–23.

7. Ратников А.Н., Санжарова Н.И., Жигарева Т.Л., Попова Г.И., Свириденко Д.Г., Петров К.В., Бочкарев С.Н., Семешкина П.С., Дадаева Т.А., Амелюшкина Т.А., Мазуров М.В. Технологические приемы возделывания картофеля, овощных культур и кукурузы с использованием новых комплексных удобрений. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ Россельхозакадемии, 2013. 42 с.

8. Ратников А.Н., Санжарова Н.И., Свириденко Д.Г., Жигарева Т.Л., Попова Г.И., Петров К.В., Баланова О.Ю., Мазуров В.Н. Эффективность использования препарата ГЕОТОН в условиях Центрального региона Российской Федерации // Достижение науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 5. С. 36-39.

9. ГОСТ Р 50817-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней ИК области.

10. Кузнецов В.К., Санжарова Н.И., Калашников К.Г., Алексахин Р.М. Накопление ^{137}Cs в продукции растениеводства в зависимости от видовых и сортовых особенностей сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 2000. № 1. С. 64-70.

APPLICATION OF NEW ORGANO-MINERAL AGROCHEMICALS ON GROWING PEAS IN CONDITIONS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF SOIL

A.N. Ratnikov, S.P. Arysheva, D.G. Sviridenko, G.I. Popova, K.V. Petrov

Russian Scientific Research Institute of Radiology and Agroecology, Kaluga region, Obninsk, ratnikov-51@mail.ru

Summary. *It is established that the using of complex organic-mineral fertilizer SUPRODIT-M on soddy-podzolic soil contaminated ^{137}Cs, increased productivity of peas at 25% compared with the control. The application of SUPRODIT-M in soil has allowed to receive grain with the lowest content of ^{137}Cs – 2.1 times less than in control. SUPRODIT-M has provided a positive effect on the quality of peas: the protein content in grain increased by 0.7-0.8%, the content of cellulose – by 0.65% compared with control. Yield of peas when processing of vegetating plants organo-mineral complex GEOTON was on 10-17% higher than without the use of drug. Processing of plants of peas GEOTON ensured a decrease of ^{137}Cs in the grain up to 1.5 times.*

Keywords*: SUPRODIT-M, GEOTON, ^{137}Cs, soddy-podzolic sandy soil, peas, yield, accumulation, quality.*

УДК 631.42

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ КАРБОНАТНЫХ ПРИ РАЗВИТИИ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ

А.С. Русева, С.А. Тищенко

Южный федеральный университет, Россия, Ростов-на-Дону, ruseva.ann@yandex.ru, tischenko@sfedu.ru

Аннотация. *Проведено исследование физических и химических свойств неорошаемых черноземов под влиянием локального переувлажнения, которое вызвано различными причинами. В переувлажненных черноземах отмечается повышенное содержание общего гумуса, изменение его профильного распределения, происходит восстановление почвенной структуры и повышение водопрочности структурных агрегатов почв.*

Ключевые слова: *переувлажнение, антропогенная нагрузка, черноземы карбонатные, общий гумус, почвенная структура, водопрочность агрегатов.*

Степная зона Юга России в настоящее время испытывает на себе постоянно возрастающую антропогенную нагрузку. В сочетании с различными природными факторами это приводит к развитию на территории региона ряда деградационных процессов, особое место среди которых занимают явления увеличения количества территорий с локальным переувлажнением земель. На таких участках происходит изменение почвенных свойств, в первую очередь структурного и гумусового состояния, что ведет к общему снижению плодородия таких земель и невозможности их дальнейшего использования в сельском хозяйстве.

Целью данной работы является изучение влияния переувлажнения на основные физические и химические свойства черноземов карбонатных.

Объектами исследования были выбраны два участка переувлажнения, расположенные среди пахотных земель в небольших депрессиях рельефа и являющиеся многолетней залежью. Почва на них представлена черноземами квазиглееватыми. Участки расположены в Зерноградском районе Ростовской области. На территории этого административного района явления переувлажнения сельскохозяйственных земель получили распространение в силу особенностей геоморфологии и гидрографии региона. В настоящее время на всей территории района заметно усилился процесс поднятия грунтовых вод к дневной поверхности не только на землях сельскохозяйственного назначения, но и непосредственно в населенных пунктах. В 1973 г. глубина залегания грунтовых вод составляла преимущественно 5–10 м, но встречались места с уровнем грунтовых вод 34–36 м. К 1990 г. грунтовые воды поднялись в среднем на 2,5 м относительно уровня, отмеченного в 1973 г. Спустя еще семь лет, наступление грунтовых вод привело к экстремальной гидрогеологической обстановке практически по всем населенным пунктам района, и к явлениям сезонного почвенно-грунтового подтопления на сельскохозяйственных землях [6].

Для сравнения использовализональные почвы, без признаков переувлажнения – черноземы миграционно-сегрегационные, которыерасполагались на тех же полях, что и переувлажненные ландшафты. На одном участке были заложены почвенные разрезы 16/01 и 16/02, на другом – 16/03 и 16/04.

Изучение содержания общего гумуса в почвах проводилось с использованием метода И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Д.С. Орлову и Н.М. Гриндель[1]. Величину pH почвы определяли потенциометрическим методом, соленость почвенной вытяжки измеряли кондуктометромфирмы HANNA[4]. Оценка структурного состояния почв проводилась при расчете коэффициента структурности для каждого горизонта [3]. Водопрочность почвенных агрегатов исследовалась по методу П.И. Андрианова[4].

Почвы локально переувлажненных ландшафтов Зерноградского района характеризуются свойствами, часть из которых сходны с окружающими эти ландшафты черноземами мигра-

ционно-сегрегационными, а часть свойств являются вновь приобретенными для этих почв, т.к. они обусловлены сменой экологических условий почвообразования.

Реакция средывсех исследованных почв характеризуются как нейтральная или слабощелочная (табл. 1), даже в черноземах квазиглееватых.

Таблица 1

Реакция среды и соленость изученных почв Зерноградского района

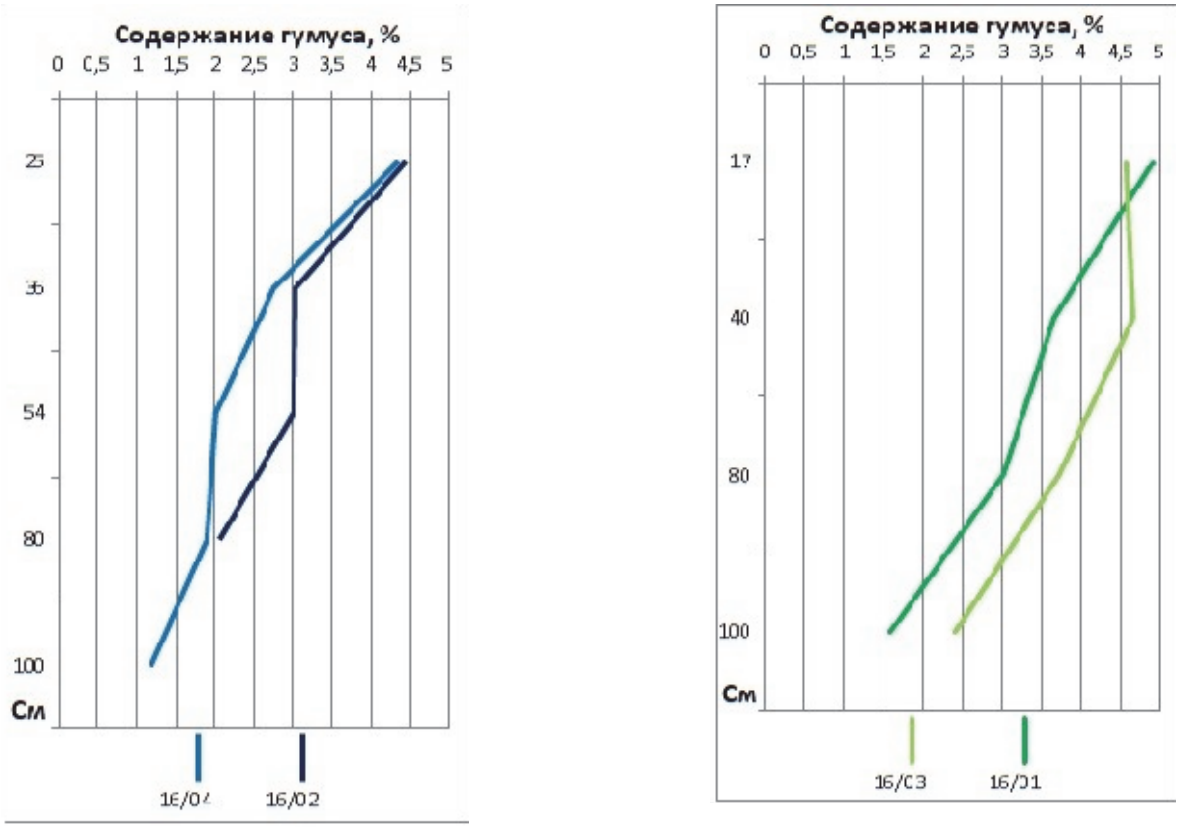
Название горизонта	Глубина, см	$pH_{водн.}$	$pH_{сол.}$	Соленость почвенной вытяжки, %
Чернозем квазиглееватый карбонатный, разрез 16/01				
A	0–20	7.8	6.8	1.15
A'1	20–40	8.0	6.8	1.09
B_1s	40–60	7.7	7.1	4.67
B_2	60–80	8.0	7.3	6.57
BC	80–120	7.7	7.0	2.56
Чернозем миграционно-сегрегационный, разрез 16/02				
Апах	0–25	7.8	6.9	0.59
Ап/п	25–36	7.8	6.9	0.47
B_1	36–54	7.3	7.0	0.40
B_2	54–80	7.9	7.0	0.68
BC	80–93	7.6	7.0	0.49
Чернозем квазиглееватый, разрез 16/03				
A	0–17	8.2	7.0	0.40
A_1	17–40	8.0	6.5	0.37
AB	40–80	8.3	6.7	0.41
B	80–100	7.9	6.8	1.33
Чернозем миграционно-сегрегационный, разрез 16/04				
Апах	0–25	8.3	7.3	0.36
Ап/п	25–36	8.2	7.3	0.41
B_1	36–55	8.6	7.4	0.34
B_2	55–80	8.6	7.5	0.46
BC	80–100	8.5	7.4	0.37

Как правило, pH водного раствора увеличивается вниз по профилю из-за увеличения количества карбонатов. Переувлажненные почвы характеризуются засолением средней и нижней части почвенного профиля, что говорит о грунтовом характере увлажнения этого ландшафта. Зональная почва – чернозем миграционно-сегрегационный – характеризуетсякак незасоленный по всему профилю почвы (табл. 1).

В ходе проводимых исследований на участке с разрезами 16/03 и 16/04 было выявлено, что чернозем квазиглееватый отличается большим содержанием гумуса во всем профиле, чем чернозем миграционно-сегрегационный. Наибольшая разница заметна для верхних горизонтов изучаемых почв, что связано с наибольшим увлажнением почвенной толщи и высокой подвижностью органических веществ данных горизонтов. Также отмечается, что гумусовый профиль чернозема квазиглееватого является более вытянутым [5].

Исследования, проводимые для почв участка с разрезами 16/01 и 16/02, показали, что общее содержание гумуса для обоих черноземов на данном участке выше, чем его содержание в почвах предыдущего участка (рис. 1).

Распределение гумуса по профилю для обоих почв участка схожее с таковым для почв участка с разрезами 16/03 и 16/04. Однако, небольшая разница данного показателя отмечается в верхней и средней части профиля чернозема квазиглееватого и миграционно-сегрегационного двух разных участков (рис. 1). Гумусовый профиль становится более вытянутым, что объясняется большей подвижностью некоторых гумусовых веществ в условиях повышенной влажности.



А *Б*

Рис. 1. Содержание общего гумуса в почвах Зерноградского района, %:
А – чернозем миграционно-сегрегационный; *Б* – чернозем квазиглееватый

Для почв на участке с разрезами 16/03 и 16/04 было изучено структурное состояние, которое показало, что во всех горизонтах обоих черноземов коэффициент структурности больше единицы, что свидетельствует о хорошей оструктуренности почв (табл. 2).

Тем не менее, наибольшие значения этого показателя отмечаются в верхних горизонтах чернозема квазиглееватого. Схожие результаты для подобных почв были отмечены и ранее [6].

Таблица 2

Коэффициент структурности исследуемых почв Зерноградского района

Название почвы	Горизонт, глубина	K_c
Чернозем миграционно-сегрегационный (разрез 16/04)	$A_п$ (0–25)	0,6
	$A_{п/п}$ (25–36)	2,7
	B_1 (36–54)	5,9
	B_2 (54–80)	2,1
	BC (80–100)	4,5
Чернозем квазиглееватый (разрез 16/03)	A (0–17)	5,7
	A_1 (17–40)	2,0
	AB (40–80)	3,9
	B (85–89)	2,8

Также было проведено исследование водопрочности почвенных агрегатов фракций 2–1 мм и 3–2 мм. Наибольшей водопрочностью в черноземе миграционно-сегрегационном (разрез 16/04) по всем горизонтам отличается фракция 2-1 мм, а в черноземе квазиглееватом (разрез 16/03) – фракция 3-2 мм. На участке с разрезами 16/01 и 16/02 для обоих черноземов во всех горизонтах наиболее водопрочной является фракция с размером агрегатов 2-1 мм. Более высокие значения коэффициента во всех черноземах на обоих участках характерны

для верхних горизонтов. Это напрямую связано с большим содержанием в них органического вещества, которое способно скреплять почвенные частицы в агрегаты.

Таким образом, переувлажнение черноземов приводит к увеличению содержания общего гумуса в почвах по сравнению с автоморфными аналогами. Под действием переувлажнения происходит увеличение коэффициента водопрочности структурных агрегатов, а также восстановление почвенной структуры. На реакцию среды почвенного раствора карбонатных черноземов переувлажнение не влияет.

Литература

1. Никитин Б.А. Уточнение к методике определения гумуса в почве // Агрохимия. 1983. № 8. С. 101–106.

2. Мамонтов В.Г., Гладков А.А., Кузелев М.М. Практическое руководство по химии почв: учеб. пособие. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 225 с.

3. Мазиров М.А., Шеин Е.В., Корчагин А.А., Шушкевич Н.И., Дембовецкий А.В. Полевые исследования свойств почв. Владимир: ВлГУ, 2012. 72 с.

4. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем. Ростов н/Д: Изд-во Южного федерального университета, 2016. 356 с.

5. Русева А.С., Тищенко С.А. Изменение содержания гумуса чернозема миграционно-сегрегационного при переувлажнении грунтовыми водами // Экология и природопользование: ежегодный тематический сборник. Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2018. Вып. 15. С. 85–88.

6. Тищенко С.А., Безуглова О.С., Морозов И.В. Особенности физических свойств почв локально переувлажненных ландшафтов Нижнего Дона // Почвоведение. 2013. № 3. С. 1–7.

PHYSICALANDCHEMICALPROPERTIESOFBLACKCARBONATEDSOILSINTHEDEVELOPMENTOFWATERLOGGED

A.S. Ruseva, S.A. Tischenko

Southern Federal University, Russia, Rostov-on-Don, ruseva.ann@yandex.ru, tischenko@sfedu.ru

Summary. *Tto do researchof physical and chemical properties of non-irrigated chernozems under the influence of local waterlogging, which is caused by various reasons.In thewaterlogged black soil there is an increased content of total humus, changes in the distribution by soil profile. There is a restoration of the soil structure and an increasein the water resistance of the structural aggregates of the soil.*

Keywords: *waterlogged, anthropogenic load, black carbonated soils, humus, soil structure, water-stability of soil aggregates.*

УДК 631.84

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ СЕРО-ЛУГОВОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ СОРГО

Э.Э. Рустамова

Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана, Баку, organic-fertilizer@bk.ru

Аннотация. *В статье рассматривается влияние органических удобрений полученных на базе отходов раздельно и совместно с минеральными удобрениями под культурой сорго в условиях серолуговых почв Уджарского района Азербайджана. Результаты проведенных исследований показали, что удобрения полученные на базе местных органических отходов (компост «Ширван») положительно влияли на динамику питательных элементов в почве и урожайность культуры сорго. Наилучшие результаты получены в варианте совместного применения органических и минеральных удобрений $N_{60}P_{30}K_{72}$ + компост «Ширван» 12 т/га.*

Ключевые слова: *органические отходы, компост «Ширван», серо-луговые почвы, сорго.*

Актуальность. Сохранение почвенного плодородия, которое является естественным качественным показателем почв, имеет большое значение в земледелии. Без обеспечения плодородия почвы невозможно получить высокий и качественный урожай сельскохозяйственных культур. Эффективное использование почвенных запасов предусматривает улучшение этого свойства почвы путем восстановления потерь питательных веществ, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур [1, 2, 3].

Для сохранения плодородия почвы и получения высокого урожая возделываемых культур необходимо использование удобрений [1, 4]. Обеспечение растений элементами питания за счет вносимых удобрений является важнейшим регулирующим фактором плодородия почв. В современном земледелии не менее 40–50% прироста урожаев сельскохозяйственных культур складывается за счет удобрений [2, 4].

Практика показывает, что каждая тонна питательных веществ удобрений даёт возможность вырастить дополнительно 5–8 т зерна, 30–40 т сахарной свеклы и 28–30 т картофеля и овощей. Большое внимание земледельцы уделяют повышению плодородия почв путем интенсивного применения органических удобрений. В общем, балансе вносимых в почву питательных веществ на их долю приходится около 40% [1, 3].

Проведенными исследованиями многих авторов установлено значение органических удобрений для плодородия почв, так как они не только содержат полный набор элементов питания, но и влияют на буферность, емкость поглощения, влагоемкость и биологическую активность почв [3, 4].

Огромное значение органических удобрений определяется в первую очередь тем, что они содержат все питательные вещества, необходимые растениям – азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо, серу, бор, молибден и др. [5].

В связи с этим внесение необходимого количества органических удобрений под сельскохозяйственные культуры является важным условием сохранения плодородия почвы.

Объект и методы исследования. Для изучения эффективности влияния на культуру сорго распространенных в регионе различных органических отходов в Уджарском районе на опытном участке в условиях орошаемых серо-луговых почв был заложен полевой опыт.

Опыт заложен в 4-х кратной повторности в 7 вариантах. Схема опыта: 1. Контроль б/у; 2. Навоз 12 т/га; 3. Компост «Ширван» 12 т/га; 4. Компост «Ширван» 24 т/га; 5. Компост «Ширван» 36 т/га; 6. $N_{60}P_{30}K_{72}$ (эквивалентно 12 тоннам навоза); 7. $N_{60}P_{30}K_{72}$+12 т/га компоста «Ширван». Изучалось влияние органических удобрений, полученных из местных отходов, на динамику питательных элементов почвы, урожай и качество сорго.

Все агротехнические мероприятия, кроме внесения удобрений по вариантам опыта (вспашка, полив, борьба с вредителями и болезнями и др.) проводились одинаково, в соответствии с агроправилами, принятыми для данной зоны. Используемый нами компост приго-

товлен из местных отходов Ширванской зоны, называется «Ширван». Он приготовлен из следующих отходов: 60% навоз, 10% отходы консервного завода, 10% ботва сельскохозяйственных растений, 10% птичий помет, 6% лесная подстилка, 2% суперфосфат, 1% сульфат аммония, 2%-зола, 0,5%-комплексное органо-минеральное микроудобрение. Химический состав компоста «Ширван» входили: N 1,30%, P_2O_5 0,82%, K_2O 1,02%, органическое вещество 41%, зола 33,8%.

Удобрения вносились согласно агроправилам: органические (навоз, компост «Ширван»), фосфорные и калийные, вся норма в осенне-зимний период под вспашку; азотные весной и летом в виде подкормки.

Для агрохимической характеристики почвы опытного участка брались образцы до глубины 1 м послойно (0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 см) буром Неговелова. Для изучения динамики питательных элементов отбирались смешанные образцы в периоды вегетации растений (в двух повторностях опыта) из пахотного слоя 0-40 см. Анализ почвенных образцов проводился по общепринятым методикам [6]. Проведенные исследования показали, что согласно данным агрохимической характеристики почва опытного участка исследуемой территории характеризуется невысоким содержанием подвижных форм питательных веществ, поэтому необходимо внесение удобрений [7].

Обсуждение результатов. Полученные результаты почвенных анализов показали, что по сравнению с другими вариантами, указанными выше в схеме опыта внесение компоста «Ширван» совместно с минеральными удобрениями оказало наилучшее влияние на динамику питательных элементов в почве под культурой сорго. Так, в варианте $N_{60}P_{30}K_{72}$ + 12 т/га компоста «Ширван» количество аммонийного азота в пахотном слое почвы составило в начале вегетации 38,5 мг/кг, нитратного азота – 20,5 мг/кг, подвижного фосфора – 32,5 мг/кг, обменного калия – 285,25 мг/кг почвы (в контрольном варианте эти показатели составили соответственно 16,5, 12,0, 14,5 и 250,0 мг/кг почвы. В середине вегетации количество аммонийного азота в этом варианте составило 26,5 мг/кг, нитратного азота – 16,0 мг/кг, подвижного фосфора – 18,5 мг/кг, обменного калия – 270,5 мг/кг почвы (в контрольном варианте эти показатели составили соответственно 10,5 мг/кг, 8,5 мг/кг, 12,0 мг/кг и 242,60 мг/кг почвы). В конце вегетации в варианте $N_{60}P_{30}K_{72}$ + 12 т/га компоста «Ширван» количество аммонийного азота в пахотном слое почвы составило 18,5 мг/кг, нитратного азота – 11,5 мг/кг, подвижного фосфора – 15,0 г/кг, обменного калия – 248,60 мг/кг почвы (в контрольном варианте эти показатели составили соответственно 9,0 мг/кг, 6,0 мг/кг, 7,0 мг/кг и 200,35 мг/кг почвы).

Данные о влиянии удобрений на урожайность сорго приводятся в таблице.

Влияние удобрений на урожайность сорго в условиях орошаемых серо-луговых почв Уджарского района

№	Варианты опыта	Выход зелёной массы, ц/га	Прибавка		Урожай зерна, ц/га	Прибавка	
			ц/га	%		ц/га	%
1	Контроль (б/у)	172,5	--	--	20,0	--	--
2	Навоз 12 т/га	215,0	42,5	24,6	22,5	2,5	12,5
3	Компост «Ширван» 12 т/га	235,5	63,0	36,5	23,5	3,5	17,5
4	Компост «Ширван» 24 т/га	250,05	78,0	45,2	26,0	6,0	30,0
5	Компост «Ширван» 36 т/га	257,0	84,5	48,9	28,5	8,5	42,5
6	$N_{60}P_{30}K_{72}$ (эквивалентно 12 т навоза)	260,5	88,0	51,0	31,5	11,5	57,5
7	$N_{60}P_{30}K_{72}$ + компост «Ширван» 12 т/га	264,0	91,5	53,0	33,2	13,2	66,0

Как видно из данных таблицы, прибавка выхода зелёной массы сорго составила от 42,5 до 91,5 ц/га, а зерна 2,5–13,2 ц/га по сравнению с контрольным вариантом, где эти показатели были соответственно 172,5; 20,0 ц/га.

Самые высокие результаты отмечены в варианте $N_{60}P_{30}K_{72}$ +12 т/га компоста «Ширван».

Выводы. При внесении под культуру сорго компоста «Ширван» совместно с минеральными удобрениями улучшаются агрохимические показатели почвы, повышается плодородие почвы, что положительно сказывается на выходе зеленой массы и урожае зерна сорго.

Литература

1. Попов П.Д. Справочник органических удобрений. Агропромиздат. М., 1988. С. 204.
2. Симакин А.Н. Удобрения плодородия почв и урожай. Краснодар, 1983. С. 3–10.
3. Цуркан М.А. Агрохимические основы применения органических удобрений. Кишинев, 1985. С. 14.
4. Заманов П.Б. и др. Рекомендация по технологии приготовления и агрохимические основы применения местных отходов в качестве органических удобрений для поднятия плодородия почв и улучшения экологии. Баку, 1991. С. 26–30.
5. Артюшин А.М., Державин А.М. Краткий справочник по удобрениям. М.: Колос, 1984. С. 206.
6. Ягодин Б.А. Практикум по агрохимии. М., 1987. С. 512.
7. Гюльахмедов А.Н., Ахундов Ф.Г., Ибрагимов С.З. Градация по содержанию подвижных форм элементов питания растений в почве для дифференцированного внесения удобрений под сельскохозяйственные культуры. Баку, 1980. С. 13.

THE EFFECTS OF FERTILIZERS ON THE FERTILITY OF GRAY-MEADOW SOILS AND YIELD OF SORGHUM

E.E. Rustamova

Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, organic-fertilizer@bk.ru

Summary. *The article considers the influence of organic fertilizers obtained on the basis of waste separately and together with mineral fertilizers under sorghum culture in the conditions of gray-meadow soils of the Ujar region of Azerbaijan. The results of the research showed that the fertilizers obtained on the basis of local organic waste (compost "Shirvan") had a positive effect on the dynamics of nutrients in the soil and the yield of sorghum. The best results are obtained in the case of the combined application of organic and mineral fertilizers* $N_{60}P_{30}K_{72}$ *+ compost "Shirvan" 12 t/ha.*

Keywords: *organic waste, compost "Shirvan", gray-meadow soils, sorghum.*

УДК 502.521

ДИНАМИКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В СУХИХ СТЕПЯХ УБСУНУРСКОЙ КОТЛОВИНЫ

А.Д. Самбуу

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,
Тувинский государственный университет, Кызыл, Sambuu@mail.ru

Аннотация. *Изучены запасы углерода растительности и почв сухостепных экосистемах Убсунурской котловины (Тува). Установлено, что для исследуемых степных фитоценозов при сильной пастбищной нагрузке характерны незначительное проективное покрытие, минимальная видовая насыщенность, слабо выраженная ярусная структура и низкорослость травостоя, низкие запасы растительного вещества и углерода. Результаты исследований могут быть использованы в качестве индикаторов экологических процессов для выявления степени воздействия антропогенного фактора (пастбищных нагрузок) на почвенно-растительный покров и в целом для определения структуры и функционального состояния природных экосистем.*

Ключевые слова: *запасы растительного вещества, зеленая фитомасса, ветошь, подстилка, мортмасса, углеродорганический, каштановые почвы, сухие степи, степные фитоценозы.*

Под влиянием деятельности человека на больших площадях происходит изменение запасов углерода органического вещества, что влияет на потоки углерода в его наземном цикле. Для того чтобы оценить эти изменения в сухих степях Тувы необходимо знать средние запасы углерода в природных и антропогенно измененных экосистемах и занимаемые ими площади.

Целью данной работы является изучение динамики запасов углерода органического в растительности и в каштановых почвах Тувы под влиянием пастбищной нагрузки.

Объекты и методы исследования. Объекты исследования – растительность и почвы сухих степейУбсунурской котловины. Находясь между двумя различными природными единицами: Алтае-Саянской горной областью и областью опустыненных степей и пустынь бессточных котловин Северной Монголии, Убсунурская котловина характеризуется большим разнообразием форм рельефа, неоднородностью почвенно-растительного покрова, своеобразием распределения гидротермических факторов и геологической истории. Согласно «Почвенно-географическому районированию СССР» [1] исследуемая территория относится к сухостепной зоне темно-каштановых и каштановых почв.

Участок Эрзин (50°15'40"с.ш., 95°08'07" в.д., 1083 м над ур. м) расположен на первой террасе одноименной реки(рис. 1). Участок сухой степи на каштановой на аллювиальных карбонатных отложениях супесчаной почве. С1996 по 2016 г. наблюдений показали, что здесь ведется интенсивное круглогодичное пастбищное использование степи. В фитоценозах преобладают несъедобные и практически нескусываемые животными *Potentilla acaulis* и приспособившиеся к выпасу полукустарнички *Artemisia frigida* и *Ephedra monosperma.* Травостой сильно стравлен, высота его не превышает 3 см, лишь отдельные ковыли достигают 10 см. Проективное покрытие составляет 40–50%, местами отмечены пятна, почти полностью лишенные растительности. Ярусность нарушена, видовой состав растений в среднем составляет 25 видов на 500 м^2. Пастбищная нагрузка составляет менее 0,5 га на овцу, что приводит к перевыпасу степи (III стадия пастбищной дигрессии).

Участок Ямаалыг (50°14'33" с.ш., 94°41'51" в.д., 1028 м над ур. м) находится на подгорной равнине останца. Сухая степь на каштановой супесчаной среднемощной почве на щебнистом элювии гранита. Растительность участка представляет собой разнотравно-злаковые с караганой карликовой сообщества (*Caragana pygmaea* + *Stipa krylovii* + *Agropyron cristatum* + *Cleistogenes squarrosa*), являющиеся одним из типичных вариантов широко распространенных разнотравно-злаковых сухих степей данной территории. Травостой в хорошем состоянии. Проективное покрытие составляет 60–70%. Ярусностьвыражена четко, видовой состав растений в среднем составляет 28 видов на 500 м^2. Пастбищная нагрузка при умеренном выпасе составляет менее 7,5 га на овцу (I стадия пастбищной дигрессии).

Методы исследования включали геоботанические описания и отбор проб надземного и подземного растительного вещества, почвенных монолитов [2, 3, 4]. Структура растительного вещества травяных экосистем характеризуется запасами растительного вещества и его компонентов [5]: зеленая масса (*G*), многолетние подземные органы (*Pr*), ветошь (*D*), подстилка (*L*), живые (*B*) и мертвые (*V*) подземные органы. Надземная фитомасса степи слагается из зеленой фитомассы, одревесневших органов (*Pr*), ветоши и подстилки (*G+Pr+D+L*), подземная (*B*) – из узлов кущения, живых корней (*R*) и корневищ (*Rh*)и мертвых растительных остатков (*V*).Методы определения и расчета углерода в травяных экосистемах разработаны. Для пересчета органического вещества, в котором обычно представляют запасы фитомассы и мортмассы в углерод были использованы конверсионные коэффициенты [6, 7].

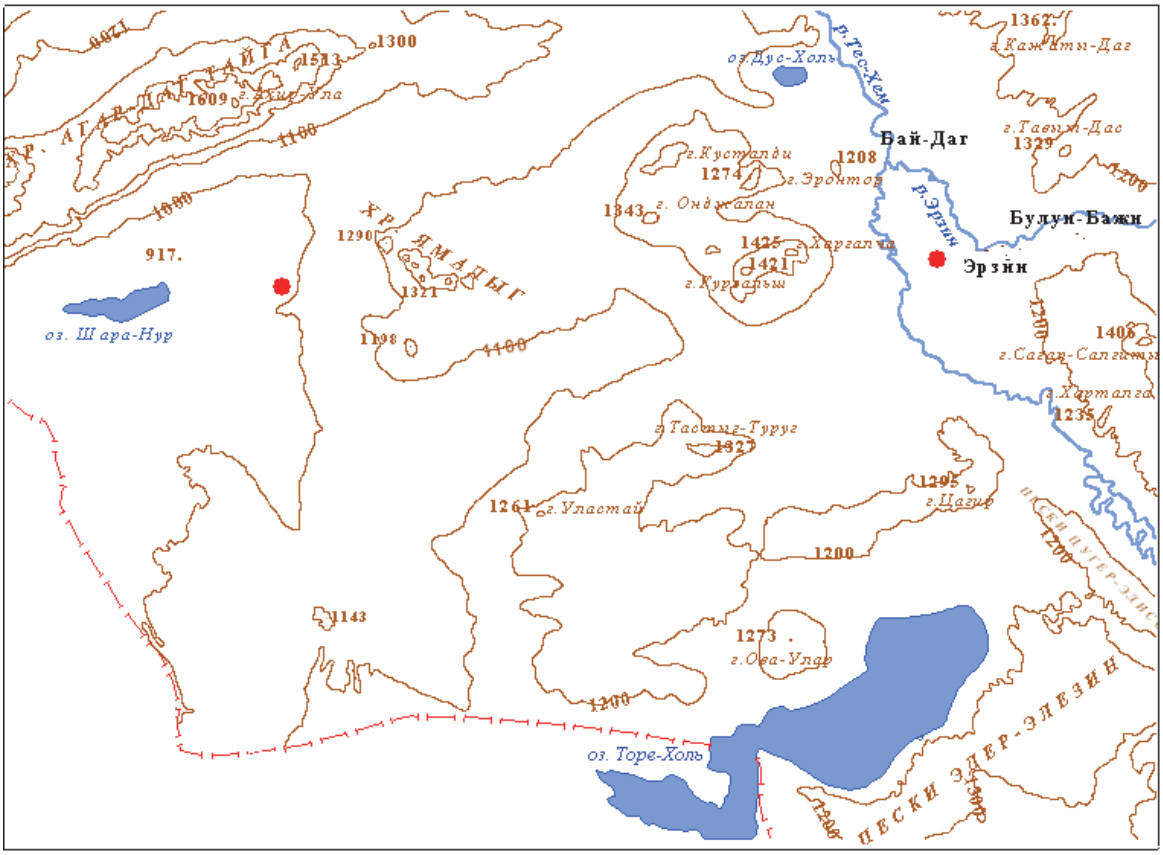


Рис. 1. Картосхема ключевых участков «Ямаалыг» и «Эрзин» в Убсунурской котловине

Обсуждение результатов. Степи в пределах Убсунурской котловины занимают господствующее положение, что обусловлено широтным положением котловины в условиях экстраконтинентального климата и близостью пустынных степей Монголии.

Климаткотловины резко континентальный, характеризуется сухим, жарким летом, продолжительной холодной зимой. Как отмечает Е.А. Ефимцева [8], количество осадков в сухой степи немногим более 150 мм. Осадки кратковременного ливневого характера выпадают в основном в летне-осенний период. Зимы малоснежные, с сильными ветрами.

Растительность. На равнинных участках Убсунурскойкотловины распространены сухие мелкодерновинные степи, в которых господствуют *Stipa krylovii, Cleistogenes squarrosa, Koeleria cristata, Agropyron cristatum, Festuca valesiaca, Carex duriuscula.* Сухие степи обычно приурочены к каштановым почвам легкого гранулометрического состава. Большие площади котловины заняты также опустыненными степями, в которых доминируют *Nanophyton grubovii* и *Stipa glareosa*.Мощная корневая система распределяется в небольшой толще.

Почвы. Учитывая особенности процессов почвообразования, признаков и свойств почв Убсунурской котловиныВ.А. Носин [9] выделил его в отдельный Южно-Тувинский котловинный сухостепной, частично опустыненный природный округ Южно-Алтайско-Тувинско-Хангайской котловинно-горной провинции степной зоны.

Почвы каштанового типа являются преобладающими в сухих степях котловины. Они образуют основной фон почвенного покрова на всех относительно низко расположенных территориях (700–1200 м над ур. м.) – на обширных древних террасах главных рек, в межгорных котловинах, на подгорных шлейфах, на «монгольском пенеплене» за р. Тес-Хем. Отсутствие комплексности в почвенном покрове является фациальной особенностью зоны каштановых почв. Почвообразующие породы преимущественно двучленного (двухфазного) литологического профиля с маломощным (0,5 м и менее) верхним мелкоземистым горизонтом, в котором преобладают фракции среднего, мелкого песка и крупной пыли и многометровой подстилающей сильнокаменистой (щебенчатой, галечниковой) толщей, в котором количество скелета нередко достигает 70–80%. Эта особенность свойственна также монгольской части котловины [10, 11].

Наряду с особенностями свойств почвообразующих отложений, в почвообразовании котловин большое значение имеет рельеф территории. С особенностями строения и функционирования конкретного рельефа (подгорные равнины с останцовыми возвышенностями или озерно-речные террасы) связаны степень увлажнения и характер выветривания, а следовательно, и распределение растительности и почв.

Изученные участки сухих степей Убсунурской котловины в разной степени испытывают антропогенное влияние.

Запасы растительного вещества. Усредненные запасы растительного вещества уменьшаются от деградированной степи к степи с умеренным выпасом (табл. 1). Так, научастке Эрзин, где пастбищная нагрузка постоянно высокая, максимальный запас зеленой фитомассы (G) в зависимости от погодных условий меняется от 3,4 до 5,6 т/га, что свидетельствует о постоянстве стравливания и устойчивости фитоценоза к интенсивности выпаса [12].

Таблица 1

Динамика зеленой (G_{max}) и мертвой ($D+L$) фитомассы, т/га

Участок	Запас, г/м^2	Первый период					Второй период				
		1998 г.	1999 г.	2000 г.	X	S.E.	2008 г.	2009 г.	2016 г.	X	S.E.
Эрзин, III стадия дигрессии	*G*	5,1	3,4	4,8	4,4	±9	5,6	4,8	3,8	4,7	±10
	D+L	9,3	5,8	5,6	6,9	±31	9,6	8,9	3,9	7,4	±32
Ямаалыг, умеренный выпас	*G*	7,4	8,9	9,2	8,5	±10	10,8	8,5	5,3	8,2	±28
	D+L	17,2	17,4	20,7	18,4	±20	27,5	36,2	35,5	33,0	±47

Суммарный запас ветоши и подстилки (*D+L*) изменяется от 3,7 до 9,6 т/га. Деградированное, но устойчивое пастбище Эрзин отличается сглаженной динамикой всех фракций фитомассы. Запас*G* отмечается обычно в осенний период (1998, 1999, 2002 гг.). В сезон 2000 г. G_{max} была максимальная весной и в 2016 г. – в середине лета (июль).

Осенние и весенние максимумы *G* совпадали с максимумами живых подземных органов (*B*). Максимальные запасы *B*в 2009 и 2016 гг. были зарегистрированы также в осенний период, а динамика *G* в эти годы отличалась сглаженностью (табл. 2). Наибольший запас мертвых подземных органов (*V*) на участке Эрзин под сильным выпасом приходился 4 года на летний сезон и 2 – на осенний. Динамика запасов *B* и *V* была различной. Понижение *V* за счет минерализации происходило в осенне-зимне-весеннем сезоне. Как запас живых, так и мертвых подземных органов поддерживался почти постоянным. Средний запас *B* составлял 73,0 и 81,8 т/га, средний запас *V* – 108,2 и 119,7 т/га за 1-й и 2-й периоды исследования. На участке под легким умеренным выпасом эти показатели 0,5–2,5 раза выше.

Таблица 2

Динамика живых (*B*) и мертвых подземных (*V*) органов

Участок	Запас, г/м^2	Первый период					Второй период				
		1998 г.	1999 г.	2000 г.	X	S.E.	2008 г.	2009 г.	2016 г.	X	S.E.
Эрзин	*B*	109,3	45,0	64,6	73,0	±330	114,6	57,4	73,5	81,8	±295
	V	105,8	132,5	86,3	108,2	±232	120,6	144,0	94,7	119,7	±248
Ямаалыг	*B*	150,5	77,9	107,9	112,1	±365	200,3	152,8	103,5	152,1	±486
	V	164,8	175,6	143,0	161,1	±166	257,2	252,2	177,8	229,0	±446

Почвенное органическое вещество. Содержание гумуса. Запасы почвенного органического вещества определяются тремя основными факторами: количеством растительного вещества, поступающего в почву, скоростью минерализации растительных остатков и гранулометрическим составом почв. Вход углерода в почву с растительными остатками обусловлен величиной чистой первичной продукции [6].

Изучение особенностей накопления фитомассы и поступления растительных остатков в почву на участках сухих степей показывают, что в среднем за сезон на участке Ямаалыг под умеренным выпасом в почву поступает 7,5 т/га/годрастительных остатков, а на деградированном пастбище Эрзин 5,5 /га/год.

Почвыучастков существенно различаются по содержанию гумуса (рис. 2). Аккумулятивно-гумусовые горизонты почв участка Ямаалыг содержат 0,8–1,1% гумуса и 1,0% почв участка Эрзин. Соответственно запас Сорг в слое почвы 0–50 см участка Ямаалыг составляет 55 т/га и в почве участка Эрзин – 11,3 т/га, что свидетельствует о разной интенсивности гумусообразования в этих почвах. Вниз по профилю содержание гумуса падает. Низкое содержание гумуса в аккумулятивно-гумусовом горизонте почвы участка Эрзин связано с пастбищной нагрузкой.

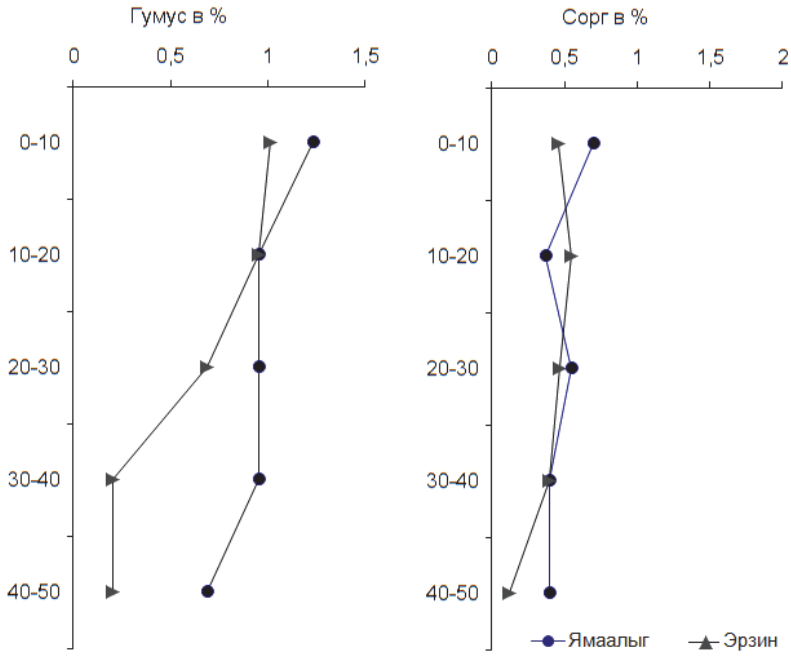


Рис. 2. Содержание гумуса и С орг, %

Таким образом,результаты исследований растительности и почв степных пастбищ Убсунурской котловины (не значительное проективное покрытие, небольшое видовое разнообразие, низкие запасы мертвой и живой надземной фитомассы в деградированном участке Эрзин, за исключением участка Ямаалыг под легким умеренным выпасом спреобладанием разнотравно-злаковых сообществ, выявлена трансформация пастбищной растительности. Уменьшение запасов зеленой фитомассы, ветоши и подстилки при усилении выпаса приводит к уменьшению запасов Сорг в слое почвы 0–50 см. Режим использования степии пастбищная нагрузка наряду с различиями в поступлении растительного вещества в почву влияют на интенсивность почвенных процессов, в том числе на процесс гумусонакопления.

Литература

1. Почвенно-географическое районирование СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 422 с.
2. ШенниковА.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.
3. Воронов А.Г. Геоботаника. М.: Высш. шк., 1973. 385 с.

4. Титлянова А.А. Изучение биологического круговорота в биогеоценозе (Методическое руководство). Новосибирск, 1971. 31 с.

5. Титлянова А.А. Биологический круговорот углерода в биогеоценозах. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 220 с.

6. Титлянова А.А. Первичная продукция и запасы гумуса в экосистемах. Проблемы почвоведения в Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. С. 47–53.

7. Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 381 с.

8. Ефимцев Е.А. Климатический очерк / Природные условия Тувинской автономной области. Труды Тувинской комплексной экспедиции. М.: Изд-во АН СССР.Вып. 3. 1957. С. 46–65.

9. Носин В.А. Почвы Тувы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 342 с.

10. Беспалов Н.Д. Почвы Монгольской Народной Республики // Тр. Монгольской комиссии АН СССР. Вып. 41, 1951. Герасимов И.П., Лавренко Е.М. Основные черты природы Монгольской Народной Республики. Изв. АН СССР. Серия геогр. № 1, 1952.

11. Самбуу А.Д. Влияние выпаса на продуктивность сухих степей Убсунурской котловины в Туве: автореф. дис. … канд. биол. наук. 2001. 23 с.

DYNAMICS OF CARBON STOCKS IN THE DRY STEPPES OF UVS NUUR DEPRESSIONS

A.D. Sambuu

Tuva Institute for Exploration of Natural Resources of the SB RAS,
Tuvan state University, Kyzyl, Sambuu@mail.ru

Summary. *Carbon reserves of vegetation and soil of dry steppe ecosystems of the Ubsunuur basin (Tuva)were studied. It was found that for the investigated steppe plant communities with strong pasture load characterized by low projective cover, species richness is minimal, understated tiered structure and the short stature of the crop, low stocks of vegetable matter and carbon. The results of the research can be used as indicators of environmental processes to identify the degree of impact of anthropogenic factors (pasture loads) on the soil and vegetation cover and in General to determine the structure and functional state of natural ecosystems.*

Keywords: *stocks of plant matter, green phytomass, standing dead, litter, mortmass, organic carbon, chestnut soils, dry steppes, steppe plant communities.*

УДК 634.0.114

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СУКЦЕССИИ И ДИНАМИКА ПЛОДОРОДИЯ СЕРЫХ ПОЧВ В ПОСТАГРОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

О.А. Сорокина

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, geos0412@mail.ru

Аннотация. *Установлены максимальные запасы надземной фитомассы на чистых залежах в переходной от корневищной к дерновинной стадии сукцессии, что приводит к биогенной аккумуляции и повышению плодородия серых почв. Использование залежей под сенокосы снижает продуктивность, изменяет структуру травостоя, ускоряет наступление дерновинной стадии сукцессии и ухудшает показатели почвенного плодородия. При введении залежи в пашню зафиксирована минимальная продуктивность фитомассы и снижение биогенной аккумуляции.*

Ключевые слова: *лесостепь, залежь, сенокос, пашня, сукцессии, фитомасса, варьирование, серые почвы, плодородие, корреляционная зависимость.*

Наиболее отчетливо последствия агрогенного изменения экосистем проявляются в смене видового состава фитоценозов. Сельскохозяйственная деятельность, как правило, приводит к изменению растительности: обеднению генетических ресурсов, стиранию региональных черт флоры, уменьшению богатства и экологического разнообразия. Изучение продуктивности залежей в ходе сукцессий растительного сообщества является важным аспектом [1, 2]. Запасы и структура фитомассы при восстановлении и дальнейшем использовании залежей являются определяющим фактором, влияющим на почвообразование и плодородие почв. Они дают представление о скорости биологического круговорота, раскрывают пути приспособления различных экосистем к меняющимся экологическим факторам воздействия [3, 4, 5]. Современная информация, по количественной оценке, продуктивности фитомассы залежей и сопряженной динамике плодородия почв в Средней Сибири весьма ограничена.

Цель исследований: оценить запасы и общую структуру надземной фитомассы залежей Ачинско-Боготольской и Красноярской лесостепи при различном направлении их использования, а также дать оценку корреляционной зависимости между запасами фитомассы и показателями плодородия постагрогенных серых почв.

По агроклиматическому районированию территория Красноярской лесостепи относится к холодно-умеренному подпоясу умеренного пояса, к области нормального увлажнения (ГТК=1,3). Среднегодовая температура воздуха отрицательная (–1,8°С). Климат Ачинско-Боготольской лесостепи резко континентальный, достаточно увлажненный (ГТК=1,4). Средняя многолетняя температура воздуха колеблется от 0° до + 1°С.

Исследования проводили на пробных площадях чистых залежей, а также залежей, повторно вовлеченных в пашню и используемых под сенокосы. На чистой залежи Ачинско-Боготольской лесостепи установлена переходная стадия сукцессии (от корневищной к дерновинной). Растительность залежи под сенокосом представлена, преимущественно, луговым фитоценозом, характерным для лесостепной зоны. В Красноярской лесостепи чистая разнотравно-злаковая залежь также представляет переходную стадию сукцессии от корневищной к дерновинной. Залежь под сенокосом характеризуется разнотравно-пырейным фитоценозом. Распаханные залежи использовались под посевы зерновых культур в течение трех лет без применения удобрений (1 год-пшеница,2 год – овес, 3 год – пар).

Флора залежей Красноярского и Ачинско-Боготольского лесостепных природных округов наиболее богата по сравнению с другими округами. На разновозрастных залежах встречается более 16 видов травянистых растений, среди них имеются как естественные для природных условий виды растений, так и рудеральные виды. В экологическом отношении растительность залежей представлена видами, характерными для лугово-степных фитоценозов. Травo-

стой залежей обоих районов исследования характеризуется преобладанием разнотравья и злаковых, а доля бобовых видов незначительна.

Серые постагрогенные почвы в Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепей развиты на коричнево-бурых глинах. Они имеют полно развитый профиль со следующим общим строением: О (1-3 см) – AYpa (15-21 см) –AEL (12-18 см) – BEL (15-31 см) – BT (14-23 см) – BC (20-23 см) – C.

Запасы фитомассы (т/га) на всех объектах учитывали посредством укосов по рамке 0,5 х 0,5 м в пятикратной повторности. Количественная оценка запасов воздушно-сухой фитомассы проводилась в два срока: в период максимального развития вегетативной массы (1 укос в конце июня) и при окончании вегетации (2 укос в конце августа). Образцы почвы отбирали из слоев 0-10 и 10-20 см в десятикратной повторности. Общепринятыми методами определили содержание гумуса, общего азота (Nобщ), элементов минерального питания: аммонийного азота ($N\text{-}NH_4$), нитратного азота ($N\text{-}NO_3$), подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O). Рассчитали коэффициенты пространственного варьирования (Cv, %) всех показателей, достоверность различий ($t_{факт}$ по критерию Стьюдента) запасов фитомассы (Mcp), а также коэффициенты парной корреляции (r) между запасами фитомассы и почвенно-агрохимическими свойствами (Mcp).

Продуктивность надземной травянистой биомассы в постагрогенных ландшафтах лесостепной зоны Красноярского края напрямую зависит от условий увлажнения. Запасы продуктивной влаги в почвах залежей всех объектов Ачинско-Боготольской лесостепи характеризуются как хорошие в слое 0-20 см (табл. 1). Это связано с лучшими условиями увлажнения почв зоны. Задернованная поверхность снижает испарение влаги из почвы, улучшает развитие травостоя на залежи. Это оказывает влияние на показатели эффективного плодородия почвы и создание оптимальных условий для развития растений, что подтверждается более высоким уровнем продуктивности растений, особенно на чистой залежи. Объекты исследования в Красноярской лесостепи характеризуются удовлетворительными запасами продуктивной влаги. В этом районе максимальные запасы влаги зафиксированы на чистой залежи. Они составляют в слое 0-20 см 28,4 мм, что также приводит здесь к формированию более высокой продуктивности. На распаханной залежи и сенокосе обоих зон исследования запасы продуктивной влаги характеризуются как удовлетворительные.

Таблица 1

Запасы продуктивной влаги (Mcp, мм) в слое 0-20 см в постагрогенных серых почвах залежей и их пространственное варьирование (Cv, %)

Зона	Объекты					
	чистая залежь		сенокос на залежи		распаханная залежь	
	Mcp	Cv, %	Mcp	Cv, %	Mcp	Cv, %
Красноярская лесостепь	28,4	21,4	22,3	17,5	23,8	9,2
Ачинско-Боготольская лесостепь	42,6	2,3	36,2	12,8	36,2	4,1

Получены низкие коэффициенты пространственного варьирования запасов продуктивной влаги, особенно в постагрогенных серых почвах Ачинско-Боготольской лесостепи. Неравномерность уплотнения почв при работе сеноуборочной техники на сенокосах по сравнению с распаханными массивами несколько повышает пространственную неоднородность запасов продуктивной влаги. Формирующийся здесь микрорельеф с западинами и небольшими повышениями способствует увеличению пространственной пестроты.

В лесостепной зоне чередуются значительно отличающиеся по фитомассе две природные зоны – лес и степь (луга). Сравнивая продуктивность залежей, объектов наших исследований с продуктивностью лугово-степной зоны по Н.И. Базилевич и Л.Е. Родину [6], их можно охарактеризовать как луговые степи, запасы воздушно-сухой фитомассы которых составляют от 2,75 до 6,52 т/га (табл. 2). Исходя из данных А.Г. Воронова [7], изученные нами залежи по продуктивности соответствуют естественным фитоценозам лесостепной зоны.

Различия по запасам фитомассы между объектами исследования статистически подтверждаются. Критерий достоверности Стьюдента (tфакт) в большинстве случаев превышает теоретическое значение (tteop. = 2,1), что следует из табл. 2.

Самые высокие коэффициенты пространственного варьирования запасов фитомассы характерны для чистых залежей, что связано с более выраженной куртинистостью напочвенного покрова. Незначительное варьирование надземной биомассы отмечено на пашне, освоенной из-под залежи. Максимальная продуктивность фитомассы и ее менее выраженное пространственное варьирование зафиксировано на чистых разнотравно-злаковых залежах Ачинско-Боготольской лесостепи (табл. 2). В структуре травостоя залежей несколько преобладает доля разнотравья, также присутствуют и злаковые виды. Участки сенокосов, прошедших стадию залежей, характеризуются невысоким уровнем продуктивности фитомассы и удовлетворительным ее отрастанием после сенокошения. Использование залежей под сенокосы, особенно к концу вегетации (2 срок укоса), приводит к вытеснению разнотравья и существенному увеличению злаков. Участки сенокосов можно отнести к разнотравно-злаковым. Это также свидетельствует о более интенсивном проявлении здесь дерновинной стадии сукцессии, усиливающейся при уплотнении почвы от работающей сеноуборочной техники. Разнотравье залежей и сенокосов довольно сильно различается между собой по кормовому значению. Среди них практически нет ядовитых растений. Злаковый компонент по сравнению с другими растениями в обычных условиях содержит больше сахара. Низкая доля бобовых видов обедняет надземную травянистую фитомассу протеинами, что характерно для большинства кормовых угодий лесостепной зоны Красноярского края.

Таблица 2

Статистические параметры запасов фитомассы залежей при их различном использовании (ср. из 5 повт.)

Объекты	Статистические параметры	Укосы по годам					
		1		2		3	
		сроки укосов					
		1	2	1	2	1	2
Красноярская лесостепь							
Чистая залежь	Mcp	3,14	6,18	3,07	2,75	3,14	4,62
	Cv, %	23,2	34,9	19,8	16,7	35,3	30,0
	$t_{факт}$	t_1–t_2 **4,9**	t_1–t_2 **4,8**	t_1–t_2 **8,2**	t_1–t_2 **2,5**	t_1–t_2 1,7	–
Сенокос на залежи	Mcp	3,02	4,42	1,86	2,08	2,48	2,54
	Cv, %	16,2	3,7	18,3	21,3	22,8	19,4
	$t_{факт}$	t_1–t_3 0,2	t_1–t_3 **2,5**	t_1–t_3 **2,2**	t_1–t_3 **2,5**	t_1–t_3 1,2	t_1–t_3 **3,2**
Распаханная залежь	Mcp	1,98	3,76	0,92	3,79	2,18	–
	Cv, %	7,9	2,8	20,4	20,3	25,0	–
	$t_{факт}$	t_2–t_3 **6,4**	t_2–t_3 **2,4**	t_2–t_3 **2,3**	t_2–t_3 **4,3**	t_2–t_3 0,9	–
Ачинско-Боготольская лесостепь							
Чистая залежь	Mcp	3,29	6,52	3,27	3,58	4,24	7,16
	Cv, %	20,1	4,4	38,7	17,1	20,4	11,7
	$t_{факт}$	t_1–t_2 **5,5**	t_1–t_2 **7,8**	t_1–t_2 **3,6**	t_1–t_2 **3,5**	t_1–t_2 0,7	–
Сенокос на залежи	Mcp	3,36	3,99	1,91	1,67	2,86	4,18
	Cv, %	8,6	3,4	23,2	26,4	38,2	21,8
	$t_{факт}$	t_1–t_3 0,3	t_1–t_3 **8,0**	t_1–t_3 **2,3**	t_1–t_3 **5,6**	t_1–t_3 1,8	t_1–t_3 **5,5**
Распаханная залежь	Mcp	2,11	3,96	1,0	2,30	3,80	–
	Cv, %	7,4	2,8	28,6	22,3	24,6	–
	$t_{факт}$	t_2–t_3 **5,7**	t_2–t_3 0,5	t_2–t_3 **2,7**	t_2–t_3 2,0	t_2–t_3 1,4	–

Условная оценка продуктивности пашни, введенной в оборот после залежного состояния, свидетельствует о колебаниях урожайности биомассы зерновых культур (пшеницы, овса) и об интенсивном развитии сорной растительности на паровых полях (3 год укоса), особенно при более высоких запасах влаги в Ачинско-Боготольской лесостепи. Участки пашни при паровании были плохо обработаны, не проводилась борьба с сорняками, о чем свидетельствует высокая доля сорного компонента в структуре фитомассы, особенно в конце вегетации.

Установлены более тесные корреляционные зависимости запасов фитомассы чистых залежей с показателями потенциального и эффективного плодородия серых почв Ачинско-Боготольской лесостепи в условиях их лучшего увлажнения (табл. 3). Здесь отмечается сильная зависимость продуктивности фитомассы чистой залежи и сенокоса с содержанием в почве нитратной формы азота. Высокие величины коэффициентов корреляции получены между запасами фитомассы и основными показателями эффективного (действительного) плодородия почв. Как следует из таблицы 3 они составляют: 0,81 с нитратным азотом, 0,75 – с подвижным фосфором и 0,9 – с обменным калием. Следовательно, продуктивность чистой залежи и сенокоса определяется в большей степени этими свойствами. Более благоприятные гидротермические условия, оптимальные водно-физические свойства (запасы почвенной влаги, плотность сложения, структурное состояние) усиливают тесноту связи продуктивности и свойств серых почв залежей Ачинско-Боготольской лесостепи. Здесь ярче выражена биогенная аккумуляции, интенсивнее протекает дерновый процесс с одновременным проявлением слабых элювиально-глеевых явлений. Зафиксировано большее число случаев тесной корреляционной зависимости запасов фитомассы с показателями плодородия почв в период максимального развития травостоя (1 укос).

Таблица 3

Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы и свойств (Мср) серых почв залежей

Объекты	Гумус, %		Общий азот, %		Элементы питания, мг/кг почвы							
					$N\text{-}NO_3$		$N\text{-}NH_4$		P_2O_5		K_2O	
	Мср	r	Мср	r	Мср	r	Мср	r	Мср	r	Мср	r
Красноярская лесостепь												
Чистая залежь	6,6	–0,67	0,31	–0,8	9,0	–0,22	8,4	–0,69	157	**0,64**	181	**0,43**
Сенокос на залежи	5,3	**0,67**	0,24	**0,63**	1,9	0,09	6,1	0,13	148	**0,78**	171	**0,77**
Распаханная залежь	4,3	–0,7	0,19	–0,28	12,0	**0,62**	11,4	**0,16**	308	0,06	197	–0,94
Ачинско-Боготольская лесостепь												
Чистая залежь	8,1	**0,89**	0,45	**0,85**	4,1	**0,94**	6,2	**0,34**	107	**0,42**	168	**0.48**
Сенокос на залежи	5,1	–0,36	0,24	–0,41	2,9	**0,83**	5,2	0.1	157	**0,85**	105	**0,88**
Распаханная залежь	3,7	**0,65**	0.17	**0,54**	16,9	**0,65**	12,9	**0,42**	85	**0,18**	133	–0,06

На распаханной залежи при активизации процессов минерализации, особенно в первые годы освоения, в обоих районах исследования получена достаточно тесная корреляционная связь с содержанием в почве нитратного азота. Характерны более высокие коэффициенты парной корреляции между запасами фитомассы с содержанием гумуса и общего азота на сенокосе Красноярской лесостепи, что связано с более низкой обеспеченностью этой почвы нитратным азотом в условиях недостаточного увлажнения.

Таким образом, по запасам надземной травянистой фитомассы максимальная продуктивность характерна для чистых залежей лесостепной зоны Красноярского края. В структуре их травостоя преобладает разнотравный компонент по сравнению со злаковым при очень малой доле бобовых и рудеральных видов. На залежах, используемых под сенокосы, разнотравные виды вытесняются злаковыми, что свидетельствует о более сильном проявлении здесь дерновинной стадии сукцессии. Для распаханных залежей в условиях низкой культуры земледелия характерно снижение продуктивности, увеличение доли сорного компоненте и усиление корреляционной зависимости запасов фитомассы от содержания в почве нитратного азота. Теснота связи между продуктивностью залежей и свойствами серых почв выше в Ачинско-Боготольской лесостепи, что определяется более высокими запасами продуктивной влаги. Введение залежи в пашню и использование под сенокос снижает тесноту корреляции надземной фитомассы с показателями потенциального плодородия и усиливает связь с эффек-

тивным плодородием. Наиболее ярко биогенная аккумуляция проявляется в обоих районах исследования на чистых залежах.

Литература

1. Анциферова О.А. Динамика растительности и свойств почв на молодых залежах Тамбовской равнины и Замландского полуострова. Калининград: Изд-во КГТУ, 2005. С. 315.

2. Люри Д.И., С.В. Горячкин, Н.А. Караваева, Т.Г. Нефедова, Е.А. Денисенко Закономерности вывода из оборота сельскохозяйственных земель России и мире и процессы постагрогенного развития залежей // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота. М., 2008. С. 45–71.

3. Титлянова А.А., Косых Н.П. Изменение растительного покрова и первичной продукции в Южной Сибири за последние 150 лет. Доклад на 2-ой Всероссийской конференции «Проблемы региональной экологии». Томск, 2000. С. 46–47.

4. Кудеяров В.Н. Роль почв в круговороте углерода // Почвоведение. 2005. № 8. С. 915–923.

5. Ковалева Ю.П. Структура и динамика запасов растительного вещества в залежных экосистемах степной зоны, находящихся на различных стадиях восстановления. // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем: матер. Всерос. конф. (Иркутск,11–15 октября 2005 г). Иркутск, 2005. С. 326–329.

6. Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Продуктивность и круговорот элементов в естественных и культурных фитоценозах (по материалам СССР) // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л.: Наука, 1971. С. 5–31.

7. Воронов А.Г. Биогеография с основами экологии. М.: Изд-во МГУ, 1987. С. 260.

RESTORATIVE SUKCESSIONS AND DYNAMICS OF THE FERTILITY OF GRAY SOILS IN THE POSTAGROGENE LANDSCAPES OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE KRASNOYARSK TERRITORY

O.A. Sorokina

FGBOU VO Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, geos0412@mail.ru

Summary. *The maximum reserves of aboveground phytomass on pure deposits in the transition from the rhizome to the turf stage of succession are established, which leads to biogenic accumulation and an increase in the fertility of gray soils. The use of deposits for haymaking reduces productivity, changes the structure of the grass stand, accelerates the advent of the turf stage of succession, and worsens soil fertility. With the introduction of the deposit into arable land, the minimum productivity of phytomass and the reduction of nutrient accumulation are recorded.*

Keywords: *forest-steppe, fallow, haymaking, arable land, succession, phytomass, variation, gray soils, fertility, correlation dependence*

УДК 635.21:635.24

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ ТОПИНАМБУРА В КАРТОФЕЛЬНОМ СЕВООБОРОТЕ

О.А. Старовойтова[1], В.И. Старовойтов[1], А.А. Манохина[2], В.В. Васякин[3]

[1] ФГБНУ ВНИИКХ, Московская область, agronir2@mail.ru
[2] ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, alexman80@list.ru
[3] ГБОУ СОШ «Школа № 1213», Москва, alexman80@list.ru

Аннотация. *Предложено озеленение городов и сохранение не возделываемых полей для дальнейшего развития сельского хозяйства и производства при необходимости востребованных культур с помощью посадок. После многолетнего выращивания топинамбура на опытном участке содержание органического вещества в почве составило – 1,8%, в то время как после выращивания топинамбура в течение 1 года (предшественник – овёс) – 1,5%, а после выращивания картофеля (предшественник – овёс) – 1,4%. Полученные данные подтверждают, что многолетние посадки топинамбура без применения удобрений повышают плодородие почв.*
Ключевые слова: *картофель, топинамбур, почва опытного участка, органическое земледелие.*

В настоящее время более половины населения планеты живет в городах. По мере роста урбанизации сокращаются природные или частично преобразованные территории, увеличивается количество не возделываемых полей. Зеленые насаждения издавна считаются надежной и проверенной защитой от загрязнения воздуха, их справедливо называют «легкими города». Леса, парки, сады, бульвары и скверы воздействуют на состав атмосферного воздуха. Каждое взрослое дерево ежегодно поглощает такой объем отработанных газов автомобилей, который выделяется за 25 тысяч км пробега [1]. Необходимо сохранять природные территории, увеличить их площадь, применить нетрадиционное озеленение. Возможно озеленение городов и сохранение полей для дальнейшего развития сельского хозяйства и производства при необходимости востребованных культур с помощью посадок топинамбура (Helianthus tuberosus L.) семейства астровых (Asteraceae).

Если поля долго не используются, происходит их постепенное зарастание сорняками, в том числе и карантинными: амброзией, борщевиком, кустарниками и деревьями. Введение в последующем этих полей в оборот связано с большими затратами на выкорчевывание деревьев, необходимостью многократных обработок почвы и использованием сильнодействующих гербицидов. В РФ разрабатывается проект землеустройства, в котором определяются сроки консервации земель, мероприятия по предотвращению деградации земель, восстановлению плодородия почв и загрязненных территорий, а также предложения по использованию земель после завершения указанных мероприятий [2].

Топинамбур является уникальным растением по сбалансированности входящих в его состав микроэлементов: железа, магния, калия, марганца, кальция, фосфора, кремния, цинка [3, 4]. Топинамбур можно использовать в качестве фитомелиоранта при рекультивации почв по периметру промышленных зон [5]. Топинамбур может расти на землях, выведенных из сельскохозяйственного оборота при добыче угля, нефти, на бывших карьерах, на золоотвалах и промышленных свалках. Почва восстанавливает свое плодородие уже после 3…5 лет выращивания этой культуры на таких землях. Посадки топинамбура предотвращают ветровую эрозию почвы, создают зеленые защитные барьеры, закрепляют дамбы от размыва, уменьшают дренаж сточных вод. Топинамбур полностью выживает с поля такие сорняки, как пырей, осот, циклохему и другие. При использовании этого растения для рекультивации почв снижаются затраты на данную технологию с одновременным возвратом бросовых земель в сельскохозяйственное использование [3]. К.А. Тимирязев относил топинамбур к одной из самых интенсивных полевых культур, способных в процессе фотосинтеза вырабатывать кислород. То есть можно создавать эффективные зеленые пояса вокруг промышленных центров. Один гектар топинамбура может поглощать за год 6 тонн углекислого газа, а 1 гектар леса – 3…4 т [6].

Топинамбур является одной из самых высокоурожайных и неприхотливых культур мира [7]. Необходимо правильно подобрать сорта конкретного назначения и относительно устойчивые к болезням [8].

Цель исследования – определение возможности повышения плодородия почв с помощью топинамбура на полях возделывания картофеля в органическом земледелии.

С 2008 г. по 2017 г. на испытательном участке Экспериментальная база ВНИИКХ «Коренево» Московской области в ФГБНУ ВНИИКХ проведены работы по изучению возможности использования топинамбура для консервации полей, выведенных из севооборота. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднеокультуренная; по гранулометрическому составу – супесчаная. Общая площадь опытного участка 1200 м^2. Площадь опытной делянки – 60 м^2. Для исследований использовали сорта топинамбура – Диетический, Интерес, Интерес 21, Калужский, Находка, Новость ВИР, Подмосковный. Картофель – сорт Удача (ранний). Почва опытного участка полевых испытаний по оценке сортов характеризуется как дерново-слабоподзолистая супесчаная. Закладку полевого опыта, учеты и наблюдения проводили в соответствии с требованиями методики полевого опыта [8].

Объект исследования – картофель, топинамбур, почва опытного участка.

Влажность почв опытного участка в дождливые годы достигала: в мае 66-82% от ППВ, в июне – 34-52%, в июле – 35-63%, в августе – 22-54%, в сентябре – 52-64%, в октябре – 20-31%, в ноябре – 72-100% от ППВ.

Наш 9–летний опыт выращивания топинамбура без вмешательства в его развитие показывает, что в процессе роста топинамбура почва поддерживается в хорошем состоянии и даже окультуривается за счет большой биомассы, которая ежегодно в виде стеблевой массы, клубней и корневищ попадает в почву. Кроме того, топинамбур прекрасный корм для зайцев, кроликов, косуль и кабанов.

В течение 9 лет урожайность топинамбура изменялась по-разному: первые три года можно было получить 20-40 т/га клубневой массы и с 20–50 т/га зеленой массы; в четвертый – пятый годы отмечено значительное снижение урожайности до 10–15 т/га клубней и 20–35 т/га зеленой массы; в последующие годы она вышла на уровень 5–7 т/га клубней и 15–30 т/га зеленой массы.

По данным наших исследований получено, что топинамбур является одной из наиболее перспективных культур по выходу биомассы, с урожайностью зелёной массы до 86,9 т/га, клубней до 51,1 т/га, содержанием сухих веществ в среднем – 23,9%, общих сахаров – 17,2%, инулина – 13,8%, нитратов 244,2 мг/кг в условиях ЭБ Коренёво Московской области на супесчаной почве [9].

Отмечено повышение содержания органического вещества в почве по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91). После многолетнего выращивания топинамбура на опытном участке содержание органического вещества в почве составило – 1,8%, в то время как после выращивания топинамбура в течение 1 года (предшественник – овёс) – 1,5%, а после выращивания картофеля (предшественник – овёс) – 1,4%. Полученные данные подтверждают, что многолетние посадки топинамбура без применения удобрений повышают плодородие почв.

В Казахстане уже начали применять растения топинамбура для озеленения. В Атырау волонтеры высадили в парке Победы 500 корней топинамбура, сообщает корреспондент МИА «Казинформ». Засадив этой культурой степь вокруг загазованного города, они рассчитывают очистить его от удушливых запахов промышленных предприятий. Энтузиасты надеются, что неприхотливый топинамбур разрастется и им можно будет засадить все берега Урала [10].

Заключение. Топинамбур является одной из наиболее перспективных культур для многоцелевого использования и наши исследования показывают, что целесообразно развивать наряду с наращиванием объемов производства этой культуры и исследования по изучению новых сортов с заданными свойствами.

После многолетнего выращивания топинамбура на опытном участке содержание органического вещества в почве составило – 1,8%, в то время как после выращивания топинамбура в течение 1 года (предшественник – овёс) – 1,5%, а после выращивания картофеля (предше-

ственник – овёс) – 1,4%. Полученные данные подтверждают, что многолетние посадки топинамбура без применения удобрений повышают плодородие почв.

В Казахстане уже начали применять растения топинамбура для озеленения и восстановления почв.

Литература

1. Удянская Е.А. Геоэкологическое состояние городской среды: Диагностика и организация мониторинга: дис. ... канд. геогр. наук. Белгород. 2003. 169 с.
2. Starovoytov V., Starovoytova O., Aldoshin N., Manohina A. Jerusalem artichoke as a means of fields conservation // Acta Technologica Agriculturae. 2017. Т. 20, № 1. С. 7–10.
3. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Топинамбур как кормовой ресурс // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2014. № 3. С. 24–26.
4. Biology and chemistry of Jeruslaem artichoke: helianthus tuberosus L. / author(s), Stanley J. Kays and Stephen F. Nottingham. 2007.
5. Усанова З.И., Павлов М.Н. Возможность использования топинамбура в качестве фитомелиоранта загрязненной кислотными осадками дерново-подзолистой почвы // Экология и промышленность России. 2016. № 10. С. 37–41.
6. Симаков Е.А., Старовойтов В.И. и др. Книга «Картофель и топинамбур – продукты будущего» / МСХ РФ, Информагротех. 2007. 292 с.
7. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Механизация возделывания топинамбура в органическом земледелии // АПК России. 2016. Т. 23, № 4. С. 841–844.
8. Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Манохина А.А. Технология выращивания топинамбура в органическом земледелии // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2016. № 6 (76). С. 42–47.
9. Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Манохина А.А. Полевые исследования коллекции сортообразцов топинамбура на дерново-подзолистой супесчаной почве ЦФО // АПК России. 2017. Т. 24, № 2. С. 344–351.
10. http://www.khabar.kz/new2/ru/news/obshchestvo/item/90357-ochistit-atmosferu-s-pomoshchyu-topinambura-predlagayut-entuziasty-atyrauskoj-oblasti; inform.kz http://www.inform.kz/ru/v-atyrau-uluchshit-ekologiyu-pytayutsya-s-pomosch-yu-topinambura_a3075159.

SOIL RECOVERY WITH THE HELP OF THE JERUSALEM ARTICHOKE IN POTATO CROP ROTATION

O.A. Starovoitova[1], V.I. Starovoitov[1], A.A. Manokhina[2], V.V. Vasyakin[3]

[1] Lorch potato research institute, Moscow region, Russia, agronir2@mail.ru;
[2] Russian state agrarian university – Moscow Timiryazev agricultural academy, Moscow, Russia, alexman80@list.ru;
[3] State budgetary educational institution of Moscow «School № 1213», Moscow, Russia, alexman80@list.ru

Summary. *It is offered gardening of the cities and preservation of non-cultivated fields for further development of agriculture and production if necessary demanded cultures by means of landings. After many years of cultivation of Jerusalem artichoke on the experimental plot the content of organic matter in the soil was-1,8%, while after growing Jerusalem artichoke for 1 year (predecessor – oats) – 1,5%, and after growing potatoes (predecessor – oats) – 1,4%. The obtained data confirm that long-term planting of Jerusalem artichoke without the use of fertilizers increases soil fertility.*

Keywords: *potato, Jerusalem artichoke, experimental plot soil, organic farming.*

УДК 631.445.2:631.445.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ С КУКУРУЗОЙ

Л.Д. Стахурлова[1], А.Ф. Стулин[2]

[1] Воронежский государственный университет, Воронеж, stakhurlova@rambler.ru
[2] Воронежский филиал ФГБНУ ВНИИКукурузы, opytnoe@vmail.ru

Аннотация. *В длительно парующей и не удобренной почве развиваются процессы дегумификации и фитотоксичности, снижается активность ферментов.*
Ключевые слова: *чернозём выщелоченный, длительный опыт, севооборот, монокультура, гумус, обменные основания, кислотность, активность ферментов, фитотоксичность.*

Введение. Кукуруза (*Zea mays* L.) по размерам посевной площади занимает третье место в мире после пшеницы и риса. Культура весьма требовательна к наличию в почве органического вещества и элементов питания [1]. В то же время считают, что кукуруза устойчива к бессменному возделыванию, и её монокультура экономически более целесообразна [2, 3]. Однако внедрение в практику любого агротехнического приёма должно сопровождаться его экологической оценкой. В последнее время показатели биологической активности предлагают использовать в качестве биоиндикаторов на длительное агротехногенное воздействие. В этой связи целью настоящей работы была оценка биологических свойств черноземов выщелоченных в длительном опыте с различными агротехническими приемами,

Объекты и методы исследования. Настоящие исследования проведены на территории Воронежского филиала Всероссийского НИИ кукурузы (Воронежская обл., Хохольский район). Длительные стационарные полевые опыты заложены в 1960 году и включены в реестр «Географической сети опытов с удобрениями». Опыт представлен тремя полями севооборота и одним полем с бессменным посевом кукурузы. Чередование культур в севообороте следующее: вико–овсяная смесь на сено, озимая пшеница, сахарная свёкла, кукуруза на силос, озимая пшеница, кукуруза на зерно, вико–овсяная смесь на сено, озимая пшеница, подсолнечник, ячмень. Минеральные удобрения вносят ежегодно осенью под вспашку в виде аммиачной селитры ($N_{аа}$), гранулированного суперфосфата ($P_{сг}$) и калийной соли ($K_{х}$). Объект исследований – чернозём выщелоченный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на покровной карбонатной глине. Почвенные образцы отбирали буром до 30 см в 3 точках учетной площади вариантов: «чистый пар», монокультура кукурузы без удобрений, на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$, и $N_{120}P_{60}K_{60}$, озимая пшеница без удобрений, на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$, и $N_{120}P_{60}K_{60}$. Для оценки изменения биологических свойств черноземов использовались образцы почв ненарушенных экосистем (лесополоса), Анализ агрохимических показателей проводили по общепринятым методам [4]. Определение полифенолоксидазной (ПФО) и пероксидазной (ПО) активности почвы по Ф.Х. Хазиеву [6]. Скорость разложения целлюлозы определяли аппликационным методом, фитотоксичность почвы – методом биотеста. Тест–объект семена кресс–салата [5].

Результаты исследования. Черноземы выщелоченные на территории стационарного опыта оцениваются как малогумусные, его количество не превышало 6 %. На момент закладки длительного полевого опыта (1960 г.) они содержали в слое 0 – 20 см 5,6 % гумуса. Большинство ученых отмечают активное развитие процесса дегумификации (один из основных процессов агрогенной деградации почв) при распашке черноземов, как в пахотном слое, так и в полуметровой толще, особенно велики потери в первые годы после освоения целины. Использование черноземов в течение 57 лет привело к изменению содержания гумуса. Так, в верхнем 0 – 10 см слое почвы, исследуемых вариантов количество гумуса изменялось от 4,7 до 5,9%. Размах варьирования составил более 1%. Соотношение показателей активности ферментов полифенолоксидазы к пероксидазе представляет собой условный коэффициент гумификации ($K_{гум}$). С помощью которого оценивают интенсивность процесса минерализа-

ции. Если величина $K_{гум}$> 1 то, глубокой трансформации гумусовых веществ не происходит, и наоборот [6]. В исследуемой почве в образцах варианта «чистый пар» коэффициент гумификации был меньше 1 ед., то есть в данном варианте преобладают процессы деструкции молекул гумуса и дополнительным подтверждением может быть изучение его качественного состава. Процесс дегумификации наблюдается не только в слое почвы 0 – 10 см, но и во всех исследуемых слоях варианта «чистый пар». В вариантах без минеральных удобрений также снижается гумусированность черноземных почв, особенно в условиях монокультуры. Результаты показали, что под кукурузой, по сравнению с исходным содержанием, количество гумуса в пахотном слое почвы снижается в 1,2 раза, а под пшеницей в севообороте, в среднем в 1,1 раза. Систематическое внесение минеральных удобрений сдерживает потери органического вещества, препятствует процессам дегумификации, что косвенно подтверждают коэффициенты гумификации (табл. 1).

Таблица 1

Изменение показателей плодородия черноземов выщелоченных

Вариант	Слой, см	Гумус %	$K_{гум.}$	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	Hr	V, %	$pH_{водн.}$
				ммоль/100г			
«Чистый пар»	0–10	4,67	0,82	36,9	4,21	90	6,25
	10–20	4,51	0,87	36,2	3,62	90	6,21
	20–30	4,00	0,90	34,4	3,43	92	6,20
Кукуруза монокультура							
Без удобрений	0–10	4,93	1,12	37,0	3,92	90	6,32
	10–20	4,79	1,07	36,4	3,62	90	6,24
	20–30	4,14	1,07	35,5	3,07	92	6,28
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0–10	5,47	1,35	38,2	5,84	86	5,25
	10–20	5,17	1,27	36,2	5,25	88	5,32
	20–30	4,68	1,17	35,9	4,88	88	5,87
$N_{120}P_{60}K_{60}$	0–10	5,72	1,33	39,2	6,23	87	5,27
	10–20	5,63	1,32	38,9	4,53	89	5,40
	20–30	5,08	1,29	38,1	3,61	91	5,77
Озимая пшеница севооборот							
Без удобрений	0–10	5,17	1,19	37,9	3,98	90	5,90
	10–20	4,95	1,14	37,0	3,07	92	5,92
	20–30	4,89	1,18	35,9	2,68	92	5,95
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0–10	5,53	1,39	38,7	5,31	87	5,14
	10–20	5,38	1,39	37,6	4,57	88	5,49
	20–30	4,91	1,36	36,7	4,40	90	5,64
$N_{120}P_{60}K_{60}$	0–10	5,86	1,34	38,8	6,15	87	5,16
	10–20	5,43	1,38	38,6	5,66	87	5,34
	20–30	4,81	1,35	37,0	3,33	92	5,59

Содержание гумуса, вторичные глинистые минералы и органические остатки влияют на накопление кальция и магния в почвах. В верхних слоях исследуемых вариантов сумма обменных оснований изменяется от 37 до 39 ммоль(+)/100г почвы. Вниз по профилю их количество постепенно уменьшается. В длительно парующей и не удобренной почве наметилась слабая тенденция снижения суммы кальция и магния. Систематическое использование минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{120}P_{60}K_{60}$ сдерживает потери кальция и магния, однако повышается концентрация катионов водорода в почвенном растворе и в составе ППК черноземов, снижается степень насыщенности почв основаниями.

Изменение базовых показателей плодородия почв отражается и на их биологических свойствах, которые характеризуют размеры и направление процессов превращения веществ и энергии в природных экосистемах. Для оценки современного состояния почвенного покрова биологическая активность имеет не меньшее значение, чем химический состав и физико-химические свойства почвы. Так, оценка скорости разложения клетчатки является значимым показателем для контроля уровня загрязнения длительно окультуренных почв и их санитар-

ных функций. От этого показателя зависит скорость распада высокомолекулярных органических соединений и обогащение почвы подвижными и доступными растениям и микроорганизмам биогенными элементами. Исследуемые черноземы выщелоченные в условиях ненарушенных биоценозов (лесополоса) характеризуются среднем уровнем целлюлозоразлагающей активности – более 30%. Вовлечение черноземных почв в пашню сопровождается резким снижением скорости разложения клетчатки. Так, в верхнем 0–20 см слое почвы под чистым паром активность целлюлаз падала в 5 раз по сравнению с почвой лесополосы и оценивалась как очень слабая. Под зерновыми культурами (кукуруза и озимая пшеница) в вариантах без применения минеральных удобрений скорость разложения клетчатки падала в 3,7 и в 2,9 раза соответственно и оценивалась как очень слабая и слабая. Систематическое внесение умеренных доз минеральных удобрений способствует повышению скорости разложения клетчатки. По сравнению с вариантами «чистый пар» и без удобрений активность целлюлаз повысилась в 2,5 и 1,9 раза при выращивании монокультуры кукурузы и в 1,8 и в 2,7 раза при выращивании озимой пшеницы в севообороте. Повышение дозы азотного компонента в 2 раза стимулировало, хотя и незначительно целлюлозоразлагающую активность черноземов выщелоченных. Положительное действие минеральных удобрений легко объяснить дополнительным поступлением растительных остатков в почву.

Любые агротехнические приемы (распашка, севообороты, удобрения, пестициды, мелиоранты) нарушают микробный комплекс почвы и, следовательно, могут быть причиной фитотоксичности. Фитотоксичность это свойство почвы подавлять рост и развитие высших растений [1, 5]. Чаще всего в исследовательских целях в качестве тест-объекта используют семена кресс-салата – однолетнее овощное растение, весьма чувствительное к загрязнению среды. Под влиянием загрязнителей могут изменяться корни и побеги этого растения, нарушается скорость прорастания семян.

Исследования показали, что лучшие условия для роста и развития растений под лесополосой. Здесь выявлена наименьшая степень ингибирования семян кресс-салата. Многолетняя распашка и оставление почвы в парующем состоянии, возможно, являются причиной глубокой трансформации микробного комплекса почвы. По сравнению с контролем (нативная почва) всхожесть семян кресс–салата составила всего 54,1%, а ингибирование всхожести было максимальным из всех изученных вариантов – 45,9%. Проростки семян были тоньше с незначительными морфологическими отклонениями, однако их длина практически не отличалась от контроля (табл. 2).

Таблица 2

Биологические свойства черноземов выщелоченных в условиях длительного окультуривания

Вариант опыта	Разложение клетчатки, %	Всхожесть семян, %	Ингибирование всхожести, %	Длина приростков, мм
«Чистый пар»	6,4	54,1	45,9	2,36±1,2
Лесополоса	32,3	86,7	13,3	2,60±0,67
Кукуруза монокультура				
Без удобрений	8,6	66,7	32,3	2,01±0,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$	16,0	71,8	28,2	2,03±0,95
$N_{120}P_{60}K_{60}$	18,5	73,3	26,7	2,25±0,38
Озимая пшеница севооборот				
Без удобрений	11,3	74,5	25,5	2,26±0,56
$N_{60}P_{60}K_{60}$	16,7	78,5	21,5	2,78±0,52
$N_{120}P_{60}K_{60}$	19,5	83,3	16,7	2,84±0,32

Современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур предполагают максимальное насыщение севооборота основной культурой вплоть до перехода к монокультуре. Выращивание кукурузы в монокультуре как с удобрениями, так и без них вызывает слабый фитотоксикоз почвы. Всхожесть семян тест–культуры в среднем по вариантам составила 70%. Проростки были крепкие без морфологических отклонений. Условием формиро-

вания благоприятного фитосанитарного состояния почвы является севооборот. При выращивании озимой пшеницы в севообороте фитосанитарное состояние черноземов выщелоченных оказалось лучше, чем при выращивании кукурузы в монокультуре. Всхожесть семян крестсалата была выше 70%. Минеральные удобрения на фоне севооборота стимулировали рост проростков кресс-салата.

Таким образом, лучшие условия для роста зерновых культур отмечены при выращивании озимой пшеницы в севообороте с применением нормированных доз удобрений. Длительное использование чернозёмов выщелоченных в условиях «чистого пара» и монокультуры кукурузы способствовало дегумификации, снижению скорости разложения клетчатки, развитию «почвоутомления» в результате повышения токсичности почвы, возможно вызванной накоплением фенольных соединений при разложении гумусовых веществ или изменением структуры микробного комплекса в сторону фитопатогенов.

Литература

1. Щербаков А.П., Протасова Н.А., Беляев А.Б., Стахурлова Л.Д. Почвоведение с основами растениеводства. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1996. 235 с.

2. Бондарева В.Ю. Возделывание кукурузы на зерно в насыщенных севооборотах и бессменных посевах. М.: Агропромиздат, 1986. 49 с.

3. Лебедь Е.М. Крамарев С.М., Подгорная Л.Г. Удобрение бессменных посевов кукурузы // Кукуруза и сорго. 2002. № 6. С. 8–11.

4. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 272 с.

5. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

6. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 334 с.

BIOLOGICAL PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZEM IN LONG-TERM EXPERIENCE WITH CORN

L.D. Stakhurlova[1], A.F. Stulin[2]

[1] Voronezh state University, Voronezh, stakhurlova@rambler.ru

[2] Voronezh branch of FEDERAL state budgetary scientific institution all-Russian research Institute of Maize, opytnoe@vmail.ru

Summary. *In the fallow and without fertilizers decrease the content of humus. These are decrease of ferments activity, increase phytototoxicity.*

Keywords: *leached chernozems, long term experiment, rotation, monoculture, humus, exchangeable cations, acidity ,activity of ferments, phytototoxicity.*

УДК 576.80:631.87:633.11.16.63

ВЛИЯНИЕ ЧЕРЕДОВАНИЯ КУЛЬТУР НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРОМИЦЕТОВ В РИЗОСФЕРЕ И ПАХОТНОМ ГОРИЗОНТЕ

М.А. Сумская, Н.В. Безлер

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы имени А.Л. Мазлумова, vniiss@mail.ru

Аннотация. *В полевых опытах изучалось влияние культур зернопаропропашного севооборота на динамику численности микроорганизмов, принимающих участие в разложении сложных полимерных соединений – микромицетов.*

Ключевые слова: *зернопаропропашной севооборот, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, микромицеты.*

Актуальность. Течение естественных процессов почвообразования нарушается при всевозрастающей антропогенной нагрузке на почву. Как правило, происходит однонаправленное насыщение посевных площадей наиболее рентабельными культурами, зачастую схожими по биологии и агротехнике. Такой способ ведения хозяйства требует внесения повышенных доз минеральных удобрений и применение большого количества средств защиты растений. Это, в свою очередь отрицательно сказывается на формировании и функционировании комплекса почвенных микроорганизмов. Происходит перестройка в структуре микробного сообщества, сокращается численность многих таксономических, физиологических и эколого-трофических групп микроорганизмов. Замедляются процессы минерализации органического вещества, синтеза гумусовых молекул, накапливаются патогенные организмы, снижаются фунгистатические свойства почвы, возрастает ее фитотоксичность [1–3].

В наших исследованиях мы хотели получить более четкое представление о специфике вклада каждой культуры севооборота в формирование микробного пула почвы. В частности, нами отслежено влияние различных культур зернопаропропашного севооборота на динамику развития почвенных микромицетов и целлюлозолитиков [4, 5].

Досконально не изучены взаимодействия в системе «почва – микроорганизмы – растения», а именно, особенности формирования прикорневой микрофлоры, являющейся переходным звеном между микробным сообществом почвы и растениями. Большинство работ в этом направлении связано с выявлением ассоциативной фиксации азота, и лишь немногие посвящены формированию микробного сообщества ризосферы культур [6].

Поэтому выявить вклад культур зернопаропропашного севооборота в формирование микробного сообщества почвы актуально для более полного понимания почвенно-биологических процессов происходящих в современных севооборотах.

Материалы и методы исследования. На территории Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова в 1998 г. был заложен длительный полевой опыт в специализированном зерносвекловичном севообороте с короткой ротацией (4 года). Севооборот включал черный пар, озимую пшеницу, сахарную свеклу (без удобрений и $N_{100}P_{100}K_{100}$), ячмень (без удобрений и использующий последействие минеральных удобрений).

В полевом опыте изучали влияния культур парового звена зерносвекловичного севооборота на формирование микробного сообщества чернозема выщелоченного. Образцы почвы отбирали в динамике из пахотного горизонта и ризосферы культур.

Почва – чернозём выщелоченный тяжелосуглинистый малогумусный со средним содержанием элементов питания (NO_3 – 25,8 мг/кг почвы, P_2O_5 – 123 мг/кг почвы, K_2O – 118 мг/кг почвы, гумуса – 5,1), pH 6,2-6,4.

Численность микроорганизмов прикорневой зоны и почвенных микроорганизмов учитывали методом высева последовательных разведений почвенной суспензии ризосферы на элективные питательные среды [7, 8].

Полученные данные статистически обработаны методом дисперсионного анализа Б.А. Доспехов [9].

Сравнивая метеорологические условия 2007–2009 годов с показателями средних многолетних наблюдений, можно заключить, что они значительно различались. Годы исследований характеризовались засушливостью климата, т.е. меньшим количеством осадков за вегетационный период, при большей температуре воздуха. Особенно засушливыми были 2008 – 2009 годы исследований (ГТК = 0,7–0,8). Это, несомненно, отразилось на микробиологической активности почвы.

Обсуждение результатов. Изучение динамики численности микромицетов в ризосфере культурных растений имеет особое значение, так как значительная их часть представлена фитопатогенами и токсинообразователями. Таким образом, физиологически активные вещества, выделяемые микроскопическими грибами в ризосферу, будут непосредственно влиять на рост и развитие растений [10, 11].

Численность микромицетов в ризосфере озимой пшеницы в фазе кущения составляла 143 тыс. КОЕ в 1 г а. с. п., тогда как в окружающей почве она не превышала 30 тыс. КОЕ (рис. 1).

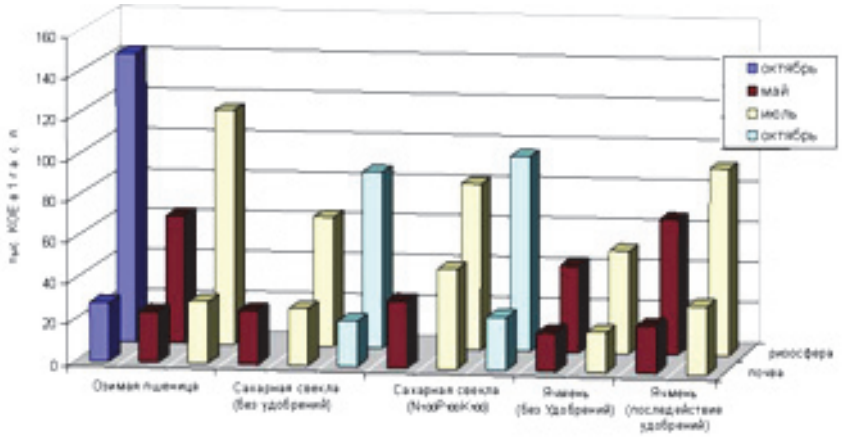


Рис. 1. Динамика численности микромицетов в ризосфере и пахотномгоризонте почвы

В весенний период численность микроскопических грибов в прикорневой зоне озимой пшеницы сокращалась в 2,3 раза и составляла 63 тыс. КОЕ в 1 г а. с. п. В пахотном горизонте посевов озимой пшеницы их численность снижалась в 2,6 раза. К концу вегетации культуры отмечено увеличение численности микроскопических грибов в ризосфере озимой пшеницы. Она составляла 116 тыс. КОЕ в 1 г а. с. п., что на 46% выше, чем в предыдущий период. В окружающей почве их численность снижалась в 3,8 раза.

В фазе смыкания листьев в междурядьях посевов сахарной свеклы на неудобренном фоне численность микромицетов в ризосфере культуры составляла 63,8 тыс. КОЕ в 1 г а. с. п., что на 45% ниже, чем в прикорневой зоне озимой пшеницы.

В осенний период численность микромицетов в ризосфере сахарной свеклы составляла 86,5 тыс. КОЕ в 1 г а. с. п., что на 26% выше, чем в предыдущий период. В пахотном горизонте почвы численность микроскопических грибов снижалась в 2,3 – 4 раза.

Применяемые удобрения способствовали увеличению численности микроскопических грибов в прикорневой зоне сахарной свеклы. Так в летний период, по сравнению с неудобренным фоном, она возрастала на 22 % и составляла 81,8 тыс. КОЕ в 1 г а. с. п. ($НСР_{05}$ = 4,98). В окружающей почве численность микромицетов не превышала 49 тыс. КОЕ.

К концу вегетации сахарной свеклы на удобренном фоне численность микроскопических грибов в прикорневой зоне повышалась на 17% и составляла 95,9 тыс. КОЕ в 1 г а. с. п. В пахотном горизонте почвы их количество было в 3,7 раза меньше.

В весенний период в ризосфере ячменя на фоне без удобрений численность микромицетов составляла 42,5 тыс. КОЕ в 1 г а. с. п., что на 32% ниже, чем в прикорневой зоне озимой пшеницы.

В летний период численность микромицетов в ризосфере ячменя на неудобренном фоне увеличивалась на 18% и составляла 50,2 тыс. КОЕ в 1 г а. с. п. Однако она была ниже, чем в прикорневой зоне озимой пшеницы и сахарной свеклы (без удобрений) соответственно на 56 и 21%.

В пахотном горизонте посевов ячменя без удобрений численность микроскопических грибов сокращалась в 2,3–2,6 раза.

Последействие удобрений способствовало увеличению численность микромицетов в прикорневой зоне ячменя. Так в весенний период она составляла 66,3 тыс. КОЕ в 1 г а. с. п., что на 36% выше, чем на неудобренном фоне. В летний период численность микроскопических грибов увеличивалась на 38% и составляла 91,5 тыс. КОЕ, что на 45% выше, чем на неудобренном фоне. Однако изменения в родовом составе микроскопических грибов были незначительны.

Выводы.

Максимальная численность микромицетов выявлена в ризосфере озимой пшеницы. Мощная корневая система культуры и интенсивно протекающие процессы обмена веществ, способствовали развитию микроскопических грибов.

Минимальным количеством микроскопических грибов характеризовалась прикорневая зона посевов ячменя.

Применение минеральных удобрений и их последействие способствовали повышению численности микроскопических грибов в ризосфере сахарной свеклы и ячменя.

Сахарная свекла на удобренном фоне способствовала развитию микромицетов в пахотном горизонте почвы. Их численность составляла 36 тыс. КОЕ в 1 г а. с. п. Пар, посевы озимой пшеницы и ячменя на фоне последействия удобрений сокращали численности микромицетов в почве на 20%, возделывание сахарной свеклы без удобрений – на 30%, а ячменя – на 45%.

Литература

1. Щербаков А.П., Свистова И.Д. Фитотоксичность чернозема под агрофитоценозами // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2002. № 6. С. 23–25.
2. Безлер Н.В., Щеглов Д.И., Куликова Е.В. и др. Микробные сообщества черноземов и фитотоксичность почв свекловичных севооборотов // Вестник ВГУ. 2006. № 1. С. 96–103.
3. Девятова Т.А., Щербаков А.П. Биологическая активность черноземов центра Русской равнины // Почвоведение. 2006. № 4. С. 502–508.
4. Кутовая Н.Я., Черенков В.В. Влияние возделывания культур в севообороте и бессменно на микробиологические процессы в обыкновенном чернозёме // Почвоведение. 1994. № 8. С. 58–63.
5. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х., Воронина Л.П. и др. Оценка экологических последствий применения химических средств защиты растений // Почвоведение. 1992. № 12. С. 61– 69.
6. Berg G., Smalla K. Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial communities in the rhizosphere // FEMS Microbiol. Ecol. 2009. V 68. P. 1–13.
7. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева и др.; под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
8. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии / под ред. В.К. Шильниковой. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
9. Доспехов Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. М.: Колос, 1972. 205 с.
10. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: МГУ, 1988. 220 с.
11. Свистова И.Д., Щербаков А.П., Фролова Л.О. Токсины микромицетов чернозема: спектр антибиотического действия и роль в формировании микробного сообщества // Почвоведение. 2004. № 10. С. 1220–1227.

INFLUENCE OF CROP INTERCHANGE UPON NUMBER DYNAMICS OF MICROMYCETES IN RHIZOSPHERE AND ARABLE LAYER

V.A. Sumskaya, N.V. Bezler

Summary. *In field experiments, influence of crops in grain-fallow crop rotation upon dynamics of microorganisms taking part in decomposition of complex polymeric compounds – micromycetes – has been studied.*

Keywords: *grain-fallow crop rotation, winter wheat, sugar beet, barley, celluloselytics, micromycetes.*

УДК 631.46

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОМЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛУГОВО-СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ ШИРВАНСКОЙ СТЕПИ АЗЕРБАЙДЖАНА

С.М. Талиби

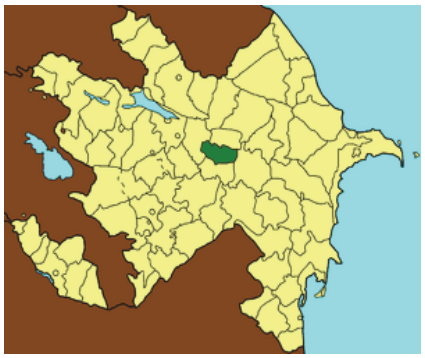
Институт почвоведения и агрохимии НАНА, Баку, Азербайджан, simatalibi@mail.ru

Аннотация. *В статье представлено краткое физико-географическое расположение, геоморфологические, геологические условия формирования, климатические условия и анализ лугово-сероземных почв Ширванской степи. Проанализированы результаты диагностических показателей и современное экомелиоративное состояние лугово- сероземных почв под озимыми зерновыми.*
Ключевые слова: *почва, гумус, гранулометрический состав, карбонатность, плодородие.*

Актуальность. Использование десятилетиями мелиорированные земли Кура-Аразской низменности, куда входит и Ширванская степь под озимыми зерновыми, игнорирование севооборота, нормы полива и применения высоких доз минеральных удобрений и ядохимикатов привело не только угнетению почвы, ее деградации, снижению плодородия, поднятия уровня грунтовых вод, но и подвергнуты в некоторых случаях вторичному засолению, а также отравлению грунтовых вод, на самоочищение которого требуется сотни тысяч лет. При этом получение высокого урожая зерновых, ценных технических культур и ускоренное развитие животноводства, можно разрешить только при возделывании сельскохозяйственных культур на высоком агротехническом фоне.

Периодическое изучение и мониторинг агро- и эко- мелиоративного состояния почв в регионе, несомненно имеет огромное научное значение в целях сохранения и повышения плодородия почв, как основного средства сельского хозяйства и элемента биосферы. Лишь имея генетическое представление о почве можно обеспечить правильное понимание мелиоративного состояния территории, что особенно важно в прогнозировании возможных изменений [1].

Объект исследования. Исследования проводились на лугово-сероземных почвах Уджарского Опорного пункта Института Почвоведения и Агрохимии НАНА расположенной в 240 км к западу от г. Баку, входящего в Ширванскую степь Кура-Аразской низменности и граничащего на севере с Геогчайским, на востоке с Кюрдамирским и на юге с Зардабскими районами, имея общую площадь 25 га, 7 га из которых используется под зерновыми культурами, а площадь Ширванской степи составляет 7115 км^2.



Физические, химические и физико-химические анализы почв, определены общепринятыми методами Н.А. Качинского, Е.В. Аринушкиной, И.В. Тюрина и др.

На территории Каспийские отложения перекрываются аллювиальными отложениями р. Куры, достигающие мощности 10–20 м, которые постепенно уменьшаются с запада на восток и имеют окраску серо-бурого цвета.

Строение поверхности почвы Ширванской степи к настоящему времени изучена достаточно и представлена слабо волнистой равниной, сформированной lV осадочными отложениями Каспия и аллювиальными наносами р.Куры. В верхней толщи грунтов, почв особое значение приобретает именно то обстоятельство, что формирование равнины протекало при определяющем трансгрессивно-регрессивных колебаний уровня Каспия [2].

Климат Ширванской степи по температурному режиму относится к сухому субтропическому, со среднегодовой температурой воздуха 13–14,5°С, а по условиям увлажнения, на большей части – к полупустынному, и в зоне предгорий – к сухостепному. Количество атмосферных осадков составляет 200–300 мм в год и 400–500 мм по периферии равнины. Относительная влажность

высокая (60–80%), что объясняется вероятно близким расположением грунтовых вод, а также и орошением. Однако, испаряемость достаточно высокая 750–1050 мм за год [3].

Растительность равнины весьма разнообразная по составу, что отражает как различия экологических условий, так и эволюционные смены. Доминирующим типом растительности является полынная полупустыня. Большие площади заняты солянковыми группировками, так же как и луговые. Имеется и болотная растительность. Локально представлена и лесная растительность в виде тугайных и низовых лесов и местами кустарниковая [2].

В формировании грунтовых вод Кура-Аразской низменности принимают участие различные источники питания, как речные воды, воды оросительных систем, высоконапорные воды, конденсационные воды, воды коренных пород предгорий, атмосферные осадки, ливневые воды со склонов предгорий, воды артезианских скважин, кягризов и родников. Из всех источников питания грунтовых вод конденсационные воды и атмосферные осадки являются региональными, остальные источники питания-локальными [4]. В целом Ширванская степь характеризуется низким стоянием уровня грунтовых вод, т.к. более 80% площади имеет глубину залегания вод более 3 м [4].

Почвы степи принадлежат к сероземной зоне, широко представлены молодые почвы, формирующиеся по типу сероземов, а также солонцеватые сероземы. Широко распространены сероземно-луговые слитые почвы в сухом состоянии, сильно коксующихся после поливов, а также лугово-сероземные почвы и солончаки, выраженные пятнами. По гранулометрическому составу почвы тяжело и средне глинистые, с содержанием физической глины (<0,01мм) 75–85 и >85%. Грунтовые воды залегают на глубине 6-10 м.

Географические координаты взятых почвенных образцов под озимыми зерновыми 47°40′25.09′′E. 40°30′22.09′′N.

Результаты анализов водной вытяжки, как следует из таблицы 1 показали, что в целом на мелиорированных (междренное расстояние 300 м) орошаемых лугово-сероземных почвах в целом 0-50 см слое, градации В.Р.Волобуева [2] слабо и средне засоленные, варьируя от 0,302% до 0,638%. Данные показатели под озимыми зерновыми 0,320–0,638%. Доминируют ионы хлора (Cl), колеблясь от 0,021 до 0,196% (табл. 1). Значения HCO_3 варьирует от 0,015 до 0,021%.

По гранулометрическому составу почвы характеризуются тяжело и средне глинистыми фракциями. Содержание физической глины (<0,01 мм) колеблется от 81,42–77,33%. Количество гумуса колеблется от весьма малогумусной – 0,51%, до удовлетворительно гумусированной 2,55%. По сельскохозяйственным насаждениям их значения составили 2,23% в верхнем 0–25 см слое и 1,68% в нижележащем горизонте 25–50 см, постепенно понижаясь к нижним горизонтам до1,57–1,22% (50–75–75–100 см).

Таблица 1

Показатели сокращенной водной вытяжки почв, % (под пшеницей)

Глубина,см	CO_3"	HCO_3	CL	Плотный остаток, %
0-25	Не опр.	0,015	0,196	0,320
25-50	Не опр.	0,021	0,021	0,638
50-75	Не опр.	0,022	0,021	0,672
75-100	Не опр.	0,019	0,024	0,701

Реакция среды pH орошаемых сероземно-луговых почв объекта исследований указывает на щелочную среду, составляя в пахотном слое (0–25 и 25–50 см) 8,4–8,2. $CaCO_3$ также подвергается изменению с увеличением глубины от 17,74% окарбоначенного до 23,31%, оценивая слабо карбонатными [5].

Сумма поглощенных оснований в комплексе 25,76–32,73 мг/экв и оцениваются удовлетворительным. В комплексе поглощенных оснований преимущественно доминирует Ca (66,53–77,02%), Mg несколько ниже в глубоких слоях (18,67–23,60%), в верхнем 0-25 см слое составляя 29,43%, а показатели Na составляют 3,77–5,19% от суммы не солонцеватым и слабосолонцеватым (табл. 2).

Таблица 2

Некоторые диагностические показатели лугово-сероземных почв Ширванской степи (под пшеницей)

Глубина, см	Гумус, %	pH	$CaCO_3$, %	Поглощенные основания						
				мг/экв.				%		
				Ca	Mg	Na	Сумма	Ca	Mg	Na
0-25	2,23	8,4	17,74	17,14	7,58	1,04	25,76	66,53	29,43	4,04
25-50	1,68	8,2	20,25	15,37	7,46	1,11	24,08	63,83	30,98	5,19
50-75	1,57	8,2	22,27	22,00	7,17	1,12	30,29	72,63	23,60	3,77
75-100	1,22	8,2	23,31	25,21	6,11	1,41	32,73	77,02	18,67	4,31

Так, содержание азота, как следует с табл. 3, под озимыми зерновыми в верхнем 0–25 см слое почвы слабое-32,51 мг/кг, понижаясь к нижнему горизонту до очень слабого содержания 28,47 мг/кг и с увеличением глубины до 21,05 мг/кг.

Таблица 3

Содержание питательных элементов в лугово-сероземных почвах (под пшеницей)

Глубина, см	Гидролизируемый азот N/NH_3, мг/кг	Подвижный фосфор P_2O_5, мг/кг	Обменный калий K_2O, мг/кг
0-25	32,51	48,53	305,1
25-50	28,47	42,67	295,8
50-75	24,55	40,56	224,7
75-100	21,05	40,15	220,5

По сравнению с азотом, почвы исследуемого участка имеют среднюю насыщенность фосфором (P_2O_5). Так, под зерновые их показатели соответствуют 48,53 мг/кг в верхнем пахотном слое и понижаясь до 40,15 мг/кг в метровом слое почвы.

Показатели обменного калия (K_2O) оцениваются средними, составляя под зерновыми 305,1–295,8 мг/кг в 0–25 и 25–0–50 см слое почвы и опускаясь к нижним слоям до 224,7–220,5 мг/кг (табл. 3).

Выводы. В результате исследований следует заключить, что для оздоровления земель Кура-Аразской низменности и повышения плодородия, необходимо произвести очистку дренажной системы от сорняков для нормального их функционирования, соблюдать нормы орошения, перейти к севообороту и широкому применению органоминеральных удобрений.

Литература

1. Азизов Г.З. Водно-солевой баланс мелиорируемых почвогрунтов Кура-Аразкой низменности и научный анализ его результатов. Баку: Элм, 2006. 258 с.

2. Волобуев В.Р. Генетические формы засоления почв Кура-Араксинской низменности. Баку, 1965. 247 с.

3. Мадатзаде Е.М., Шихлинский А.А. Климат Азербайджана. Баку, 1968. 343 с.

4. Рустамов С.Г. Реки Азербайджанской ССР и их гидрологические свойства. Баку, 1960. 168 с. (на азерб.языке)

5. Гасанов Ю.К. Изменения физико-химических свойств на орошаемых лугово-сероземных почвах под различными сельскохозяйственными культурами Ширванской степи. Научная подготовка экспл. земель Азерб. Респ. Баку, 2002. С. 299–303 (на азерб. языке).

CONTEMPORARY EKOMELIORATIVE STATE JF THE MEADOW-SEROZEM SOIL IN THE SHIRVAN STEEPE OF AZERBAYCAN

S.M. Talibi

Institute of Soil Science and Aqrochemictry of ANAS, simatalibi@mail.ru

Summary. *The brief physico-geographical placement, geomorphological state formation, climatic condition and analysis of the meadow-serozem soils in the Shirvan steepe have been presented in the article. The results of the diagnostical indices and contemporary ecomeliorative state in the meadow-serozem soil under winter cereals have been analysed.*

Keywords: *soil, humus, granulometric composition, calcareous, fertility.*

УДК 631.85

ВЛИЯНИЕ КОМПОСТОВ НА ДИНАМИКУ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ ПОД КУЛЬТУРАМИ САХАРНАЯ СВЕКЛА И СОЯ

С.Т. Талыбова, А.Ф. Ахмедова

Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана, Баку,
organic-fertilizer@bk.ru

Аннотация. *Проведенными исследованиями установлено, что применение органических отходов и полученных на их основе компостов под посевы сои в сероземных почвах Нахичеванской АР и сахарной свеклы в серо-луговых почвах Имишлинского района положительно сказалось на динамике питательных элементов в почве и выходе урожая.*
Ключевые слова: *органические отходы, компосты, плодородие почв, урожайность сои и сахарной свеклы.*

Актуальность. Обеспечение растений элементами питания за счет запасов и вносимых удобрений является важнейшим регулирующим фактором плодородия почв, что возможно в условиях благоприятного водного режима, оптимальной реакции почвенной среды, увеличения запаса гумуса при внесении органических удобрений, запахивания соломы и корневых остатков и дополнительного поступления в почву питательных веществ с минеральными удобрениями. Проведенные опыты показывают, что все пахотные орошаемые почвы республики остро нуждаются в минеральных, а особенно в органических удобрениях [1, 2]. Навоз, вносимый в почву, содержит органическое вещество, являющееся обильным энергетическим материалом для развития почвенной микрофлоры, усиление жизнедеятельности которой оказывает положительное влияние на почвенное плодородие [2].

При увеличении содержания гумуса в почве, накапливающегося при интенсивном применении органических удобрений, улучшается снабжение корней растения водой, воздухом и питанием. Реакция почвенного раствора становится более благоприятной для жизни культурных растений. В результате такого разностороннего и положительного воздействия на почву органических удобрений, возрастает и эффективность вносимых минералных удобрений. В связи с этим повышается содержание почвенных питательных элементов, что свидетельствует о том, что органическое вещество весьма важная и полезная составная часть навоза. Обыкновенно навоз содержит в среднем 0,5% азота, 0,25% фосфора и 0,6% калия.

Значение навоза и других органических удобрений в повышении плодородия почв, определяется не только тем, что с ними вносятся в почву необходимые питательные вещества, ускоряющие рост и развитие растений. Они являются средствами улучшения биологических, физических и химических свойств почв [3].

Кроме минеральных соединений навоз содержит органическое вещество, которое является источником углеродной пищи и энергии для микроорганизмов. Чем больше его в почве, тем быстрее и полнее протекает превращение запаса нерастворимых питательных веществ почвы в растворимые соединения, тем больше накапливается усвояемой растениями пищи. Роль органических удобрений в микробиологическом процессе огромна.

Установлено, что в Азербайджанской Республике имеется большое количество неиспользованных ресурсов, нуждающихся в разработке научно обоснованной технологии использования промышленных, бытовых и сельскохозяйственных отходов, которые остаются неиспользованными, являясь загрязнителями окружающей среды [4].

Проведенные опыты по изучению состава указанных отходов, используемых в качестве органических удобрений, показывает, что при их переработке и применении под сельскохозяйственные культуры, в почве увеличивается величина валового гумуса в среднем на 50 кг за счет каждой тонны применяемых отходов, при этом урожай сельскохозяйственных куль-

тур возрастает в зависимости от вида отходов на 12–25% по сравнению с участками, где не применялись органические удобрения [4].

Полное и эффективное использование всех ресурсов органических удобрений, одновременно разрешает ряд сельскохозяйственных задач, таких как получение максимальных урожаев при сохранении и повышении плодородия почв, охрана окружающей среды от загрязнения отходами и отбросами в промышленности, коммунального хозяйства и животноводства [5].

Путем биологической конверсии при использовании местных, бытовых и промышленных отходов были получены и изготовлены новые органические удобрения – компосты. Один из таких компостов – компост «Нахичевань».

Объект и методы исследования. В Нахичеванской автономной республике производство навоза в общественном хозяйстве составляет 578 тыс. тонн, площадь пригодных для сельскохозяйственного использования земель составляет 145 тыс. га, на один гектар посевных площадей приходится 4 тонны навоза.

Учитывая низкую обеспеченность почв Нахичеванской АР питательными веществами, каждый год в почву необходимо вносить 10-12 т/га навоза, следовательно дефицит навоза на 1 га составляет 6-8тонн, его нужно восполнить путем внесения местных органических удобрений [6].

Установлено, что в Нахичеванской АР в больших количествах имеются отходы, содержащие органические вещества, из которых ежегодно, можно приготовить 3,5 тыс. тонн компоста «Нахичевань».

Компост «Нахичевань» имеет следующий состав: навоз – 50%, торф – 10%, отходы консервного завода – 10%, стебли сельскохозяйственных растений – 10% птичий помет – 10%, простой суперфосфат – 4%, сульфат аммония – 4%, зола – 2%. Физико-химические показатели компоста «Нахичевань» приводятся в таблице.

№	Показатели компоста «Нахичевань»	Количество	Метод определения
1	N, %	1,25–1,70	ГОСТ-26715-85
2	P_2O_5, %	0,85–1,10	ГОСТ-26717-85
3	K_2O, %	1,0–1,15	ГОСТ-26718-85
4	Аммиачный азот, %	0,12–0,15	ГОСТ-26716-85
5	Поглощенный аммиак, мг/кг	200–300	Калориметрически
6	Обменный калий, мг/кг	400–450	Пламенный фотометр
7	C:N	14,0–16,0	
8	pH	7,1	Потенциметрически
9	Сухое вещество, %	50–60	ГОСТ-26712-85

Эти компоненты компоста могут быть собраны для приготовления в каждом хозяйстве вблизи участка, где они будут вноситься. Срок готовности компоста может составить 6-8 месяцев. По мере созревания компоста его цвет темнеет и в это время, он может быть использован как органическое удобрение. Срок разложения компоста, место его приготовления и внедрения изучается биологическим методом.

Компост считается готовым, если отношение C:N в нем ниже 20, величина общего азота-2%, в составе редукционных сахаров, содержится 35% углерода, катионный обмен в 100 г компоста составляет 60 мг/экв.

Внесение под сельскохозяйственные культуры новых органических удобрении, полученных из отходов промышленности и сельского хозяйства, содержащих в своем составе макро и микроэлементы, позволяет получить дополнительные резервы повышения плодородия почв и увеличения урожайности возделываемых культур, предотвратить загрязнение окружающей среды.

Внесение нового органическое удобрения – компоста увеличивало содержание усвояемых форм азота, фосфора, обменного калия и органического вещества в почве.

Полевые опыты проводились в условиях древнеорошаемого серозема Нахичеванской Автономной Республики и орошаемой серо-бурой почвы Имишлинского района. Наряду с ор-

ганическими вносили минеральные удобрения – раздельно или совместно с органическими. Первый опыт заложен по схеме: 1. контроль без применения удобрений, 2. $N_{90}P_{120}K_{60}$, 3. компост «Нахичевань» 40 т/га, 4. навоз 40 т/га, 5. компост 20т/га + ил 5 т/га + $N_{45}P_{60}K_{30}$, 6. навоз 20 т/га + ил 5 т/га + $N_{45}P_{60}K_{30,}$ 7. компост 20 т/га + навоз 10 т/га + ил 5 т/га + $N_{45}P_{60}K_{30.}$

Второй опыт заложен по схеме: 1. контроль без применения удобрений, навоз 10 т/га, 3.отходы завода по переработке сахарной свеклы 20 т/га, 4. растительные остатки + листья сахарной свеклы 20 т/га, 5. ил речных каналов 20 т/га, 6. $N_{100}P_{50}K_{120}$ (эквивалентно 20 т/га навоза), 7. $N_{50}P_{25}K_{60}$ + навоз 10 т/га + отходы завода по переработке сахарной свеклы 20 т/га.

Удобрения вносили согласно агроправилам: органические (навоз, компост), фосфорные и калийные – вся норма в осенне-зимний период под вспашку, азотные – весной и летом в виде подкормки.

Обсуждение результатов. Внесение в почву всех изученных отходов положительно сказалось на результатах почвенных анализов и выходе урожая сои. Наилучшие результаты анализов почвенных проб, взятых в Нахичевани, получены в варианте с применением на древнеорошаемом сероземе под посевом сои 20т/га компоста «Нахичевань» +10 т/га навоза +5т/га ила+ $N_{45}P_{60}K_{30}$. Так, в этом варианте количество поглощенного аммония составило 25 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 22 мг/кг почвы, обменного калия -390 мг/кг почвы, что превысило контрольный вариант соответственно на 17,8; 9,7; 15,9 и 125 мг/кг почвы. Урожай в этом варианте составило 36 центнера, что 30% больше, чем в варианте без удобрений. Количество белка в зерне сои составило 37%, масла-25%, тогда как в контрольном варианте эти показатели были соответственно 22% и 18%.

Анализы почвенных проб, взятых с опытного участка Имишли, получены в варианте $N_{50}P_{25}K_{60}$ + навоз 10т/га + отходы завода по переработке сахарной свеклы 20 т/га. Так количества поглощенного аммония в пахотном слое почвы составило 15,9 мг/кг почвы (в контроле без внесения удобрений 9,2 мг/кг почвы) подвижного фосфора 21,2 мг/кг почвы (в контроле - 13,1 мг/кг почвы) обменного калия – 30,2 мг/кг почвы (в контроле 262,6 мг/кг почвы) Урожай сахарной свеклы повысил контрольный вариант (197,7 ц/га) на 125,7 ц/га. Изменения количества валового гумуса были незначительна во всех двух опытах. Внесение в почву всех изученных отходов положительно сказалось на результатах выхода урожая сахарной свеклы. Наилучшие результаты на опытном участке в Имишлинском районе, получены в варианте $N_{50}P_{25}K_{60}$ + компост 10т/га. Урожай сахарной свеклы превысил контрольный вариант (220 ц/га) на 110 ц/га. Положительное влияние органических удобрений отмечалось также и на качестве урожая: сахаристость увеличивалась от 1,0 до 2,9% по сравнение контролем б/у (12,5%).

Выводы. Получение стабильных высоких урожаев сельскохозяйственных культур зависит от плодородия почвы, которое в свою очередь находится в прямой зависимости от запасов разлагаемого органического вещества. При нехватке традиционных органических удобрений целесообразно применение местных органических отходов и компостов.

Согласно полученным результатам опытов, можно констатировать что внесение в почву всех изученных органических отходов положительно сказалось на выходе урожая качественных показателях сои и сахарной свеклы. Наилучшие результаты получены соответственно в вариантах: компост “Нахичевань” 20 т/га+ навоз 10 т/га+ил 5 т/га+ $N_{45}P_{60}K_{30}$ – на древнеорошаемом сероземе Нахичевани и $N_{50}P_{20}K_{60}$ + компост 10 т/га на серо-луговой почве Имишлинского района.

Литература

1. Минеев В.Г. и др. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последействии // Агрохимия. 2003. №7. С. 5.

2. Титова В.И. и др. Влияние различных видов органических удобрений на воспроизводство плодородия нарушенных почв // Агрохимия. 2011. № 5. С. 9–17.

3. Алиев С.А. Пути повышения плодородия орошаемых почв Азербайджана. Баку: Азернешр, 1962. 92 с. (на азерб. яз.)

4. Заманов П.Б. и др. Методы приготовления путем биоконверсии на базе местных отходов новых экологически чистых органических удобрений и их эффективность // Матер. I Междунар. научно-техн. конф. «Современные проблемы экологии, методы и средства их решения». Баку, 1994. С. 43–44.

5. Векилова Э.М. и др. Роль органических удобрений в улучшении почвенных процессов // Матер. Междунар. Научно-практич. конф. «Актуальные проблемы земледелия на современном этапе развития сельского хозяйства». Пенза, 2004. С. 74–75.

6. Талыбова С.Т. и др. Компосты и их роль в повышении плодородия почв // Междунар. научно-практич. конф.«Экономические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства». Пенза, 2002. Т. II. С. 134–135.

INFLUENCE OF COMPOSTS ON THE DYNAMICS OF NUTRIENT ELEMENTS IN SOIL UNDER CULTURE SUGAR BEET AND SOYA

S.T. Talybova, A.F. Ahmedova

Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, organic-fertilizer@bk.ru

Summary. *The conducted researches established that the use of organic wastes and composts obtained on their basis for soybean cultivation in serozem soils of the Nakhichevan Autonomous Republic and sugar beet in the gray-meadow soils of the Imishli region had a positive effect on the dynamics of nutrients in the soil and yield of the crop.*

Keywords: *organic waste, compost, soil fertility, soybean and sugar beet yield.*

УДК 631.41

ДИНАМИКА СВОЙСТВ ПОЧВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ В ХОДЕ ПОСТАГРОГЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В.М. Телеснина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, vtelesnina@mail.ru

Аннотация. *Изучены особенности постагрогенной трансформации почвпри разных видах освоенияна примере зарастающих сенокосов, пашни и интенсивно удобряемого навозом огорода. Постагрогенная динамика кислотности и содержания органического углерода в почве определяется скоростью лесовосстановления, что зависит от интенсивности окультуривания почвы в прошлом. При нормальном восстановлении лесной растительности запас углерода в биогеоценозе через 35–40 лет возрастает с 30–40 до 150–200 т/га, а при зарастании огородов запасв 100–120 т/га сохраняется на протяжении как минимум 35 лет, что делает почвы подобных огородов стоком углерода, как и вторичные леса.*

Ключевые слова: *постагрогенные почвы, сукцессия, углерод.*

Введение. В настоящее время обширные площади пахотных земель выводятся из сельскохозяйственного использования [1]. Сменарастительности после прекращения освоения [2] играет ведущую роль в постагрогенной трансформации почв, что особенно актуально при заменетравяной растительности лесной. Особенности постагрогенной трансформации почв и растительности детерменированы рядом факторов, таких как нативные свойства почв, в частности гранулометрический состав, и особенности сельскохозяйственного освоения. Цель работы – изучение постагрогенной динамики агродерново-подзолов и агродерново-подзолистых почв после прекращения сельскохозяйственного использования на примере зарастающих сенокоса, пашни и частного огорода.

Объекты и методы. Исследование проводили на территории Мантуровского района Костромской области (подзона южной тайги), где зональная растительность представлена еловыми травяно-кустарничковыми лесами. Почвообразующие породы–древнеаллювиальные и флювиогляциальные легкие отложения, подстилаемые моренными суглинками на разной глубине, которая зависит от положения в мезорельефе. Объекты представлены тремя хронорядами (табл.):1) Зарастающий сенокос 1 включает стадии: луг, не кошенный 2 года, луг, не кошенный 12 лет, лес вторичный 20 лет, лес 95 лет. Почвы – агродерново-подзолистые и дерново-подзолистые, образованные на супесчаных отложениях, подстилаемых глиной на глубине 30-35 см; 2) Зарастающий сенокос 2, включающий стадии: сенокосный луг, вторичный лес 15-17 лет, лес 80 лет. Почвы – агродерново-подзолистые и дерново-подзолистые, образованные на супесчаных отложениях, подстилаемых глиной на глубине 45-50 см; 3) Зарастающая пашня, стадии зарастания – посевы овса, залежь 7-10 лет, залежь 12-15 лет, лес 40 лет, лес 100 лет. Почвы – агродерново-подзолы и подзолы постагрогенные, образованные на песках, подстилаемых глиной на глубине 70-100 см. 4) Зарастающий частный огород: действующий огород, залежь 4 года, залежь 10 лет, залежь 20 лет, залежь 35 лет. Образован на тех же породах, что и ряд 3. Почвы – агродерново-подзолы. На всех стадиях сукцессии изучены биомасса травяно-кустарничкового яруса методом укосов (надземная) и методом монолитов (подземнная). Биомасса разных фракций древостоя рассчитана аллометрически [3]. Кроме того, исследовали запасы лесной подстилки, а также такие свойства почв как кислотность, содержание и запасы органического углерода. Микробная биомасса исследована методом субстрат-индуцированного дыхания [4].

Обсуждение результатов. По мере зарастания пашни и сенокосов происходит уменьшение биомассы травяного (травяно-кустарничкового) яруса, особенно надземной его части. При зарастании хорошо удобренного в прошлом огорода увеличивается продолжительность сорно-рудеральной стадии, и высокопродуктивный травостой из сорно-рудерального высо-

котравья блокирует восстановление древостоя в течении долгого времени – через 30 лет после прекращения использования продуктивность травостоя превышает таковую на молодых залежах по сенокосу или пашне.

Стадии зарастания в изучаемых хронорядах

Стадия сукцессии	Обозначение	Растительность	Почва
Зарастающий сенокос 1			
Луг, не косимый 2 года	С1_2	Луг с преобладанием зверобоя продырявленного и Иван-чая	Агродерново-подзолистая реградированная
Луг, не косимый 12 лет	С1_12	Несомкнутый древостой высотой до 1,5-2 м из березы, осины, ольхи серой, сосны и ели. В травостое преобладают ястребинка зонтичная и манжетка	Агродерново-подзолистая реградированная
Лес 20 лет	С1_20	Лес ивово-березовый. В напочвенном покрове папоротники и щучка дернистая	Дерново-подзолистая постагрогенная
Лес 95 лет	С1_100	Березово-еловый лес. В напочвенном покрове грушанка круглолистная и костяника	Дерново-подзолистая
Зарастающий сенокос 2			
Сенокосный луг	С2_0	Луг с преобладанием лютика едкого и душистого колоска	Агродерново-подзолистая реградированная
Лес 20 лет	С2_20	Лес ивово-березовый, в напочвенном покрове иван-чай и земляника	Дерново-подзолистая постагрогенная
Лес 80 лет	С2_80	Березово-еловый лес, в напочвенном покрове преобладают копытень европейский и грушанка	Дерново-подзолистая
Зарастающая пашня			
Пашня	П0	Посевы овса	Агродерново-подзол
Залежь 7 лет	П7	Луг с преобладанием овсяницы красной, ежи сборной и ястребинки зонтичной	Агродерново-подзол реградированный
Залежь 12 лет	П12	Практически сформирован древостой из ивы козьей, в травостое овсяница красная и грушанка круглолистная	Агродерново-подзол реградированный
Лес 40 лет	П40	Осиново-березовый черничный лес	Дерново-подзол постагрогенный
Лес 100 лет	П100	Лес елово-березовый черничный с куртинами мха	Подзол
Зарастающий огород			
Действующий огород	О0	Посадки тыквы и укропа	Агродерново-подзол
Залежь 4 года	О4	Заросли крапивы	Агродерново-подзол реградированный
Залежь 10 лет	О10	Заросли крапивы и малины	Агродерново-подзол реградированный
Залежь 20 лет	О20	Заросли с преобладанием костра безостого и бодяка полевого	Агродерново-подзол реградированный
Залежь 35 лет	О35	Заросли с преобладанием сныти, бодяка и крапивы	Агродерново-подзол реградированный

Запасы ежегодно поступающего в почву легкоразлагаемого опада(под которым мы понимали мелколиственный опад, наземную часть травяно-кустарничкового яруса и примерно 1/3 корневой биомассы травяного яруса) в ходе зарастания пашни имеют два максимума – на самых молодых залежах (стадия высокопродуктивного луга) и в мелколиственном вторичном лесу 35–40 лет. По мере зарастания сенокосов запасы легкоразлагаемого опада существенно уменьшаются (почти в 3 раза через 20 лет после прекращения кошения). По мере зарастания огорода даже через 30 лет запасы легко разлагаемого опадауменьшаются менее чем в 1,5 раза, что не может не отражаться на постагрогенной динамике почвенных свойств.

Наиболее четкий тренд в сторону увеличения актуальной кислотности по мере лесовосстановления выявлен для зарастающей пашни, образованной на бедных песчаных породах (pH меняется от 5,7 в почве пашни до 4,0 в почве 100-летнего леса, наиболее существенный сдвиг в сторону подкисления соответствует стадии смыкания древостоя). При зарастании сенокосов, особенно почв ряда, образованного на самом неглубоком двучлене, столь явного подкисления не наблюдается. По мере зарастания частного огорода в течение минимум 35 лет pH составляет не менее 6,0. Таким образом, направление и характер постагрогенного изменения почвенной кислотности в значительной степени определяется характером использования, а именно – интенсивностью внесения органических удобрений. При зарастании мало удобряемых и неудобряемых почв быстро происходит процесс лесовозобновления, способствующий изменению состава опада и формированию подстилки, и ведущий к подкислению. Более отчетливо это выражено при зарастании пашни без промежуточной стадии залужения. При зарастании интенсивно удобряемых угодий низкая кислотность наблюдается в течение многих лет в результате как последействия удобрений, так и поддержания баланса зольных элементов рудеральным высокотравьем.Постагрогенная динамика содержания в почве органического углерода определяется историей освоения, а также интенсивностью внесения органических удобрений при использовании угодья. При зарастании пашни, развитой на бедной мало удобряемой почве, происходит увеличение содержания органического углерода, тогда как при зарастании хорошо удобряемых угодий на почве такого же типа – в течение 35 лет содержание углерода, напротив, несколько уменьшается, хотя и превосходит при этом аналогичный показатель в целинных почвах.Кроме того, имеет значение гумусное состояние нативной почвы. Так, наиболее ярко выраженный тренд увеличения содержания органического углерода в ходе лесовосстановления выявлен при восстановлении органопрофиля типа мор-модер (ряд П – от 0,9% на стадии пашни до почти 4% на стадии смешанного леса), тогда как при восстановлении органопрофиля типа модер-мулль, сформированного на суглинистой почве, таких четких закономерностей не наблюдается (ряд С1).Запасы органического углерода в минеральной части профиля возрастают по мере зарастания пашни почти в 2 раза, но почти не меняются по крайней мере в течение 35 лет зарастания огорода, превышая как минимум вдвое запас углерода в почвах лесов 80-100 лет. При зарастании сенокоса выявлено некоторое уменьшение запасов углерода в почве на начальных стадиях сукцессии, что связано с уменьшением поступления растительного опада травяного яруса при еще недостаточно развитом древесном ярусе через 7-12 лет после прекращения кошения. При зарастании пашен и сенокосов на мало удобряемых и не удобряемых в прошлом почвах через 10–12 лет после прекращения использования начинается процесс лесовосстановления, в результате общий запас органического углерода в экосистеме возрастает к 80-100 годам в 4–7 раз в основном за счет многолетних частей древостоя – до200 и более т/га .Если на ранних стадиях сукцессии доля почвенного углерода в общих запасах составляет 80-95%, то через 20 лет – не более 50%, а после формирования смешанного леса на месте вторичного мелколиственного – не более 25% (рис. 1). В ходе зарастания хорошо удобряемого огорода в течение по крайней мере 35 лет общий запас органического углерода в биогеоценозе меняется мало, причем 90% и более сосредоточены в минеральной части почвы.

Возможно, почвы таких огородов, выведенные из использования, являются стоком атмосферного углерода в той же мере, что вторичные леса – общий запас углерода в экосистеме 35-летней залежи по огороду составляет столько же, сколько в экосистеме 40-летнего мелколиственного леса. Микробная биомасса в верхней минеральной части профиля возрастает на молодой залежи по сравнению с пашней при развитии разнообразной травяной растительности. При прекращении кошения через 12 лет микробная биомасса, напротив, уменьшается с 250 до 200 мкгС/г почвы. Максимальная микробная биомасса выявлена для почв удобряемых огородов – в почве действующего огорода она составляет почти 500 мкгС/г, что соответствует значению в нативных почвах, а через 20 лет этот показатель уменьшается всего до 310 мкгС/г. Наибольшая целлюлозоразлагающая активность выявлена для почв зарастающего огорода (более 90% субстрата разложено). Относительно высокие показатели (50 и более

%) выявлены для почв молодых залежей по пашне и сенокосу и почвы 40-летнего березняка, что связано с поступлением повышенного количества легкоразлагаемого опада.

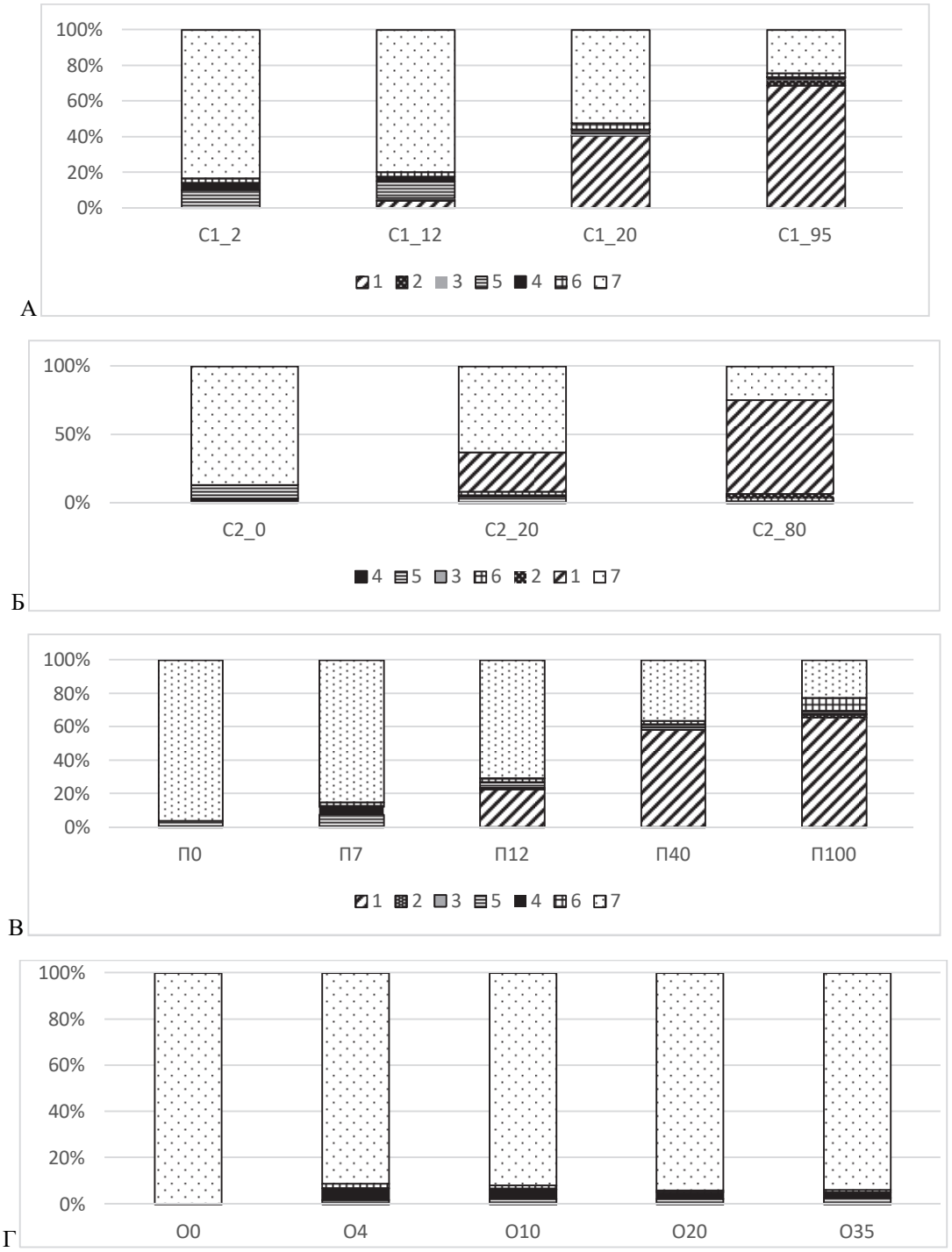


Рис. 1. Соотношение запасов углерода в разных блоках биогеоценоза. А – сенокос 1, Б – сенокос 2, В – пашня, Г – огород. 1 – многолетние части древостоя, 2 – хвоя, 3 – листва, 4 – надземная часть травяного яруса, 5 – подземная часть травяного яруса, 6 – детрит, 7 – почва 0–30 см

Заключение. Постагрогенная динамика почв южной тайги определяется особенностями демутационной сукцессии, которая с свою очередь связана со свойствами нативных почв и с типом сельскохозяйственного использования. Увеличение кислотности, а также содержания и запасов органического углерода в процессе демутации выявлено в наибольшей степени для почв зарастающей пашни, образованных на песчаных породах. Почвы хорошо удобренных в прошлом огородов сохраняют свои свойства как минимум 20–30 лет из-за блокирования ле-

совосстановительного процесса сорно-рудеральным высокотравьем. Общие запасы углерода в экосистемах сенокосов и пашен увеличиваются в ходе сукцессии в 4-7 раз в основном за счет многолетних частей древостоя. При зарастании огородов общие запасы углерода и запасы органического вещества в почве мало изменяются в течение как минимум 30 лет, причем почвенный углерод составляет до 90%. Таким образом, почвы хорошо удобренных в прошлом огородов являются стоком углерода, как и вторичные леса на месте пашен и сенокосов.

Литература

1. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010.

2. Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organiccarbon following afforestation of former arableland // Forest Ecol. Manag. 2002. V. 169.

3. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам // Лесоведение. 1998. № 3.

4. Anderson J., Domsch K. H. A physiological method for thequantitative measurement of microbial biomas in soils //Soil Biology & Biochemistry. 1978. № 10. P. 215–221.

DYNAMICOFSOUTHTAIGASOILPROPERTIES DUE TO POST-AGROGENIC REAFFORESTATION FOR DIFFERENT TYPES OF AGRICULTURAL USING

V.M. Telesnina

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, vtelesnina@mail.ru

Summary. *Soilpost-agrogenictransformation after different agricultural using is studied – overgrowing arable land, hayfield and well-fertilized by manure vegetable garden. Post-agrogenicchangeofsoilacidity and organic carbon content depends on reafforestation rate, which depends on soil cultivation intensity in past. Duetonormalreafforestation, organiccarbonsupplyinecosystem increases for 35-40 years from 30-40 to120 t/ha, due to vegetable garden overgrowing carbon supply 100-120 t/hasaves for not less than 35 year–these soils are carbon pool as well as secondary forests.*

Keywords: *post-agrogenic soils, succession, carbon.*

УДК 631.58

ИЗУЧЕНИЕ ДВУХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТЕПИ КРЫМА

Е.Н. Турин, К.Г. Женченко, А.А. Гонгало

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Россия, Симферополь, turin_e@niishk.ru

Аннотация. *В статье освещается изучение параметров плотность почвы, макроструктура посевного слоя, коэффициент структурности и содержание доступных элементов питания при выращивании сельскохозяйственных растений по системе земледелия прямого посева в сравнении с традиционной системой.*

Ключевые слова: *no-till, плотность почвы, агрегатный состав, коэффициент структурности, плодородие.*

Актуальность. Для значительного повышения продуктивности и устойчивости земледелия необходимо осуществлять комплекс мер по увеличению плодородия почв, внедрить почвозащитные методы обработки почвы, продолжать освоение научно обоснованных систем ведения хозяйства.

Реализация намеченного, прежде всего, зависит от правильного воздействия на почву, то есть степени знания специалистами ее свойств и состава [1].

За период последних 25 лет содержание гумуса в почвах Крыма сократилось в среднем с 2,80 до 2,00%. Ускоренными темпами развивается эрозия почвы: водная и ветровая в горных и ветровая в центральных степных районах. Среднегодовые потери плодородного слоя почвы при этом составляют 8,90, а потери гумуса – 0,33 т/га.

Нулевая технология или технология прямого посева – посев семян в необработанную почву путем нарезки бороздок нужной ширины и глубины, достаточной для углубления семени. Другие виды обработок не применяются. Такой подход не только уменьшает механическое воздействие на почву и сохраняет тем самым ее структуру, а соответственно и плодородие, но и сокращает расходы – на приобретение горюче-смазочных материалов на 30-40%, по сравнению с традиционной технологией.

В основе системы прямого посева лежит, отсутствие какой-либо обработки почвы, растительные остатки сохраняются на ее поверхности. Главные принципы прямого посева: минимальное механическое воздействие на почву, постоянный растительный покров, адаптированные севообороты. Создание постоянного растительного покрова в виде оставшейся мульчи на поверхности почвы одновременно рассматривается как новая стратегия борьбы с испарением почвенной влаги, эрозией, сорняками и увеличения поступления органического вещества в почву [2].

Стратегия развития сельскохозяйственного производства должна быть направлена, в первую очередь, на повышение плодородия почвы, которое можем обеспечить высокий урожай культур и качество получаемой продукции. Улучшая плодородие почвы, мы можем постепенно уменьшить использование как удобрений, так и пестицидов. В настоящее время стоит важная задача объединения усилий ученых и практиков в вопросах совершенствования технологий возделывания сельскохозяйственных культур и широкой пропаганды преимуществ биологического земледелия, повышения экологической грамотности людей. Забота о почве – забота о будущих поколениях.

Цель исследований – решение проблемы воспроизводства почвенного плодородия в условиях Республики Крым.

Объекты и методы исследований. Стационарный опыт по изучению систем земледелия был заложен в 2015 году. Исследования проводились в стационарных полевых севооборотах лаборатории земледелия на участках, относящимися к степному агроклиматическому району Крыма в 2016/2017 гг. Почва опытных участков представлена южным слабо гумусовым черноземом. Данные почвы имеют достаточно широкое распространение в степной части Кры-

ма. Мощность гумусового горизонта в среднем составляет около 28 см. Содержание гумуса в пахотном слое (0–20 см) колеблется в пределах 2,4–2,6%, валовое содержание азота 0,18–0,20; фосфора – 0,12–0,14; калия – 2,1–2,4. Содержание гидролизуемого азота 3,0–4,0 мг на 100 г почвы, подвижного фосфора 1,9–2,2 мг обменного калия 28,0–32,0 мг на 100 г почвы (по В. Мачигину).

Исследования 2016/2017 гг. направлены на адаптацию почвосберегающей технологии no-till для возделывания сельскохозяйственных культур различной интенсивности с устойчивым производством растениеводческой продукции и сохранением земельных ресурсов. Проводится на опытном поле ФГБУН «НИИСХК» на площади 3,8 га в севообороте со следующим чередованием культур: Традиционная система: чистый пар, озимая пшеница, лен масличный, озимый ячмень, сорго. Прямой посев: горох, озимая пшеница, лен масличный, озимый ячмень, сорго.

В опытах предусматривается проведение следующих наблюдений и учетов: 1. Влажность почвы термостатно-весовым методом послойно через 10 см на глубину 100 см при посеве и после уборки культуры; дополнительно весной при возобновлении вегетации озимых и в первой декаде октября в первых полях севооборота; 2. Плотность почвы – на глубину 30 см, послойно бурами объемом 500 $см^3$; 3. Агрегатный состав почвы по двум системам земледелия; 4. Содержание в почве доступных элементов азотного питания растения по ГОСТ 26951-86, фосфорного – по ГОСТ 26205-91 (метод Мачигина), калийного – по ГОСТ 26205-91 (метод Мачигина).

Содержание доступных элементов питания изучалось также на фоне применения (инокуляция семян) комплексного микробного препарата (КМП) с полифункциональными свойствами включает Ризобофит / Диазофит, Фосфоэнтерин и Биополицид, основу которых составляют симбиотические / ассоциативные с растением азотфиксирующие, фосфатмобилизирующие и биопротекторные микроорганизмы. Применение КМП усиливает влияние полезных штаммов на продукционный процесс у растений, что обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции.

Опыт заложен согласно методике полевого опыта по Доспехову Б.А. [3].

Обсуждение результатов. Плотность почвы является обобщающей характеристикой физического состояния пахотного слоя и изменяется в течении вегетационного периода культур. Наибольшее значение плотность почвы имеет при прорастании семян и начальном росте и развитии растений. В условиях опыта плотность почвы определяли непосредственно после посева и существенных изменений показателей данного параметра пока не наблюдали (табл. 1).

Таблица 1

Плотность почвы после посева культур, выращиваемых прямым посевом (ПП) и по традиционной системе (ТС) земледелия

Сельскохозяйственные культуры	Плотность почвы по горизонтам, г/$см^3$							
	0-10		10-20		20-30		среднее	
	ПП	ТС	ПП	ТС	ПП	ТС	ПП	ТС
Горох посевной	0,98	0,93	1,21	1,27	1,43	1,34	1,2	1,18
$НСР_{05}$	0,14		0,14		0,26		0,18	
Пшеница озимая	1,21	1,14	1,34	1,4	1,44	1,4	1,33	1,31
$НСР_{05}$	0,15		0,14		0,10		0,13	
Лен масличный	0,99	0,98	1,24	1,05	1,39	1,29	1,20	1,11
$НСР_{05}$	0,13		0,21		0,18		0,17	
Ячмень озимый	1,26	1,16	1,36	1,37	1,45	1,52	1,36	1,35
$НСР_{05}$	0,12		0,07		0,17		0,12	
Сорго зерновое	0,94	0,94	1,30	1,30	1,30	1,25	1,18	1,17
$НСР_{05}$	0,09		0,14		0,17		0,12	

Плотность почвы определялась по всем культурам после посева, а по озимым еще в фазу возобновления весенней вегетации по горизонтам 0–10, 10–20 и 20–30 см. По всем изучаемым горизонтам на всех культурах плотность почвы находилась на одном уровне, но есть

тенденция к увеличению плотности почвы на прямом посеве. Критических показателей данного параметра пока не наблюдается.

Также в наших исследованиях мы определяли содержание агрегатов оптимального размера (0,25–10 мм) в посевном слое почвы при посеве культур севооборота (табл. 2).

Таблица 2

Макроструктура посевного слоя почвы культур севооборота, перед посевом, %, 2017 г.

Система обработки почвы	Пшеница озимая	Ячмень озимый	Лен	Горох
Прямой посев	66,07	72,8	80,14	80,94
Традиционная система	67,20	69,47	85,6	–
$НСР_{05}$	5,45	7,83	6,79	

По степени готовности почвы к посеву по С.Д. Долгову и П.У. Бахтину количество агрегатов оптимального размера при посеве озимых зерновых оценивается как хорошее, а при посеве яровых культур как отличное. Математическая обработка полученных данных показала, что на данном этапе структура почвы по системам обработки находится на одном уровне. Соотношение агрегатов оптимального и неоптимального размеров соответствует коэффициентам структурности (табл. 3) по озимым 1,96–2,69 – удовлетворительная оценка, по яровым – 3,82–4,25 как отличная.

Таблица 3

Коэффициент структурности почвы посевного слоя перед посевом, 2017 г.

Система обработки почвы	Пшеница озимая	Ячмень озимый	Лен	Горох
Прямой посев	1,96	2,69	4,12	4,25
Традиционная система	2,09	2,34	3,82	–
$НСР_{05}$	2,21	1,85	1,99	

В условиях 2017 года в осенний период в черноземе южном мицелярно-карбонатном после выращивания пшеницы по прямому посеву установлено более низкое содержание N, P, K и органического вещества в черноземе южном, чем по традиционной системе земледелия (табл. 4).

Таблица 4

Влияние систем земледелия на содержание N, P, K и органического вещества почвы

Слой почвы, см	Содержание в мг/100г почвы						Органическое вещество (гумус,%) ГОСТ26213 – 91	
	$N\text{-}NO_3$ ГОСТ 26951-86		P_2O_5		K_2O			
			ГОСТ 26205-91 Метод Мачигина					
Традиционная система								
	контроль	КМП*	контроль	КМП	контроль	КМП	контроль	КМП
0–10	1,00	0,50	9,60	5,90	66,1	52,1	3,60	3,10
10–20	0,90	0,40	7,20	5,00	44,0	34,8	3,10	2,90
20–30	0,70	0,30	4,70	4,30	34,0	30,0	3,20	3,40
Прямой посев								
	контроль	КМП	контроль	КМП	контроль	КМП	контроль	КМП
0–10	0,70	0,70	4,50	5,10	44,0	48,0	3,00	2,70
10–20	0,40	0,60	3,50	4,40	31,2	38,6	3,00	3,50
20–30	0,20	0,40	2,80	4,10	15,2	32,0	2,40	2,70
Целина								
0–10	0,20		3,10		38,4		6,50	
10–20	0,09		2,50		30,0		4,20	
20–30	0,07		1,70		26,8		3,60	

* Комплексный микробиологический препарат.

Применение комплекса микробных препаратов при традиционной системе способствовало снижению содержания N, P, K, тогда как при прямом посеве – повышению. При этом в

слое 20–30 см отмечено увеличение органического вещества у обеих систем. Так же в таблице 4 показано, для сравнения, содержание доступных элементов питания и содержание гумуса на целине – участке степи, где не применялась обработка почвы.

Выводы. Стационарный опыт по изучению систем земледелия был заложен в 2015 году и в 2016/2017 гг. были проведены первые исследования. Для изменения показателей плодородия почвы один год это не достаточно. Поэтому считаем нецелесообразно по результат одного года исследований делать какие-нибудь выводы. Считаем целесообразным сделать предварительные заключения после третей ротации севооборота и окончательные выводы после полной ротации.

Литература

1. Половицкий И.Я., Гусев П.Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия: справ. изд. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.

2. Кроветто К. Растительные остатки и их аллепатическое воздействие // Зерно. 2014. № 7. С. 29–33.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е изд. доп. и перераб. М.: Агропроиздат, 1985. 351 с.

STUDY OF TWO FARMING SYSTEMS IN THE CENTRAL STEPPE OF CRIMEA

E.N. Turin, K.G. Zhenchenko, A.A. Gongalo

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, turin_e@niishk.ru

Summary. *The article deals with the study of soil density parameters, the macrostructure of the seed layer, the structural coefficient and the content of available nutrients in the cultivation of agricultural plants in the direct crop sowing system in comparison with the traditional system.*

Keywords: *no-till, soil density, aggregate composition, structural coefficient, fertility.*

УДК 631.871: 631.452

ЗАПАШКА СОЛОМЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ КАК СПОСОБ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

И.В. Черепухина, И.В. Безлер

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова, Рамонский район, п. ВНИИСС
Воронежский государственный университет, Воронеж, icherepukhina@gmail.com, bezler@list.ru

Аннотация. *Исследования, проведенные в стационарном полевом опыте, показали, что при запашке соломы зерновых культур (озимой пшеницы и ячменя) совместно с целлюлозолитическим микромицетом (Humicola fuscoatra ВНИИСС 016) происходит увеличение скорости трансформации соломы. В результате чего наблюдалось закономерное увеличение урожайности культур зернопаропропашного севооборота.*
Ключевые слова: *солома зерновых культур, целлюлозолитический микромицет (Humicola fuscoatra ВНИИСС 016), урожайность сахарной свеклы, озимой пшеницы, ячменя.*

Одним из показателей уровня эффективного плодородия почвы является урожай возделываемых культур. Эффективное плодородие, в свою очередь, определяется активностью протекающих в почве биологических процессов, т.е. зависит от жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. В результате органические и неорганические соединения почвы и удобрений трансформируются из форм, недоступных для питания растений, в растворимое состояние, происходят процессы синтеза и минерализации гумусовых веществ, фиксация атмосферного азота, накопление минеральных форм азотных соединений и др. [1, 2].

Солома зерновых культур является источником элементов, необходимых для питания растений, необходимо только обеспечить условия ее ускоренного разложения, чтобы избежать таких негативных последствий как иммобилизация азота почвы и накопление токсичных веществ. Для этих целей могут быть использованы микробиологические препараты. Однако каждый тип почвы отличается присущей ему структурой микробного сообщества, а потому применение микробиологических препаратов не должно нарушать естественных взаимодействий микроорганизмов, сформировавшихся в процессе почвообразования [3, 4]. В ЦЧР на черноземе выщелоченном может быть использован аборигенный штамм целлюлозолитического микромицета *Humicola fuscoatra ВНИИСС 016* [5, 6].

2011 году был заложен многолетний полевой опыт с соломой озимой пшеницы и ячменя совместно с дополнительными компонентами (целлюлозолитический микромицет, азотное удобрение и питательная добавка – патока) в зернопаропропашном севообороте (пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень). Почва опытного участка – чернозем типичный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных лессовидных суглинках.

Общая площадь полевого опыта составила 1209,6 м^2, делянки – 75,6 м^2. Повторность опыта – четырехкратная. Норма внесения соломы – 4–5 т/га (количество соломы, в зависимости от ее урожайности за 3 года), азотного удобрения – 40 кг д.в. на гектар, питательной добавки – 200 л/га (1:1000), целлюлозолитический микромицет (*Humicola fuscoatra ВНИИСС 016*) вносили на делянки в виде инокулюма (344 тыс. КОЕ на 1 м^2) [5].

Технология возделывания озимой пшеницы, сахарной свёклы и ячменя общепринятая для ЦЧР.

В полевых условиях с помощью N-тестера (UARA) проводили измерения содержания хлорофилла в листовой пластинке сахарной свёклы и представляли их в единицах N-тестера. Замеры вели в четырехкратной повторности (по 30 растений в каждой). Коэффициент продуктивности фотосинтеза (Кпф) выражали отношением фотосинтетической активности по N-тестеру к площади листовой поверхности S в уравнении (1):

$$Кпф = \frac{X*Sk}{100*Kn},$$

где Кпф – коэффициент продуктивности фотосинтеза; X – показатель N-тестера; Sк – площадь листовой поверхности; Kn – средняя площадь листовой поверхности [7].

Биологическую урожайность корнеплодов сахарной свеклы учитывали согласно «Методике исследований по сахарной свекле» [8]. Сахаристость и технологические качества корнеплодов определяли на автоматической линии VENEMA.

Озимую пшеницу и ячмень убирали с учетных делянок с последующим взвешиванием, кроме того учитывали некоторые показатели продуктивности.

Результаты наблюдений показали, что использование целлюлозолитического микромицета способствовало достоверному росту площади поверхности листа сахарной свеклы – до 123,4 см^2, в то время как внесение соломы негативно сказывалось на развитии листового аппарата культуры (табл. 1).

Продуктивность фотосинтеза растений определяет не только размер листового аппарата, но и содержание в нем хлорофилла. С помощью N-тестера по изменению окраски листьев можно выявить накопление фотосинтетических пигментов в них. Коэффициент продуктивности фотосинтеза учитывает эти характеристики и с достаточной достоверностью отражает интенсивность процесса.

Показатели N-тестера выявили наличие тенденции к повышению фотосинтетических процессов в листьях сахарной свеклы при запашке соломы с дополнительными компонентами. В результате этого и коэффициент продуктивности фотосинтеза составил 5,24, что выше контроля на 0,79. Запашка соломы с азотным удобрением в меньшей степени влияла на протекание процессов фотосинтеза, а Кпф был выше контроля на 0,16, что отражает лишь тенденцию к увеличению этого показателя.

Таблица 1

Коэффициент продуктивности фотосинтеза и урожайность сахарной свеклы при запашке соломы зерновых культур

Вариант	Площадь листа, см^2	N-тестер	Коэф-фициент продуктивности фотосинтеза	Урожай-ность, т/га	Сахарис-тость, %
Контроль	117,4	433,0	4,45	30,4	18,5
Солома	103,7	430,0	3,90	29,8	18,4
Солома+N	113,1	466,0	4,61	34,6	18,7
Солома+N+*Hum.fusc.*+ПК	123,4	486,0	5,24	42,4	18,7
НСР$_{05}$	*5,68*	*8,3*	*0,23*	*2,31*	*0,2*

В связи с благоприятными условиями, которые сложились при использовании соломы и целлюлозолитического микромицета, была отмечена прибавка биологической урожайности сахарной свёклы в сравнении с контролем на 12,0 т/га, использованием одной соломы – 12,6 т/га, соломы с азотным удобрением – 7,8 т/га. Сахаристость корнеплодов практически не менялась при запашке соломы, однако использование соломы с азотным удобрением и соломы с дополнительными компонентами способствовало некоторому увеличению накопления сахара – на 0,3%.

Последействие запашки соломы благоприятно сказывалось на некоторых показателях продуктивности озимой пшеницы. Так, количество зерен в колосе составило 48,0 шт., в контроле – 35,2; масса 1000 зерен была 43,9 г, что превышало контроль на 1,5 г (табл. 2).

На фоне улучшения некоторых показателей продуктивности культуры была получена и достоверная прибавка урожая озимой пшеницы в сравнении с контролем – 11,3, в сравнении с использованием соломы без дополнительных компонентов – 9,8, соломы с азотом – 3,4 ц/га.

Аналогичные результаты были получены и при возделывании ячменя: урожайность культуры без внесения удобрений составила 25,0 ц/га, внесение одной соломы способствовало появлению тенденции к увеличению урожайности на 1,2 ц/га, также как и запашка соломы с азотным удобрением – на 0,9 ц/га (табл. 3).

Таблица 2

Продуктивность озимой пшеницы

Вариант	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
Контроль	35,2	42,4	31,4
Солома	43,0	43,6	32,9
Солома+N	45,9	43,2	39,3
Солома+N+*Hum.fusc.*+ПК	48,0	43,9	42,7
$НСР_{05}$	*1,66*	*1,30*	*1,99*

Таблица 3

Продуктивность ячменя

Вариант	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
Контроль	18,7	42,7	25,0
Солома	19,8	44,8	26,2
Солома+N	19,4	44,5	25,9
Солома+N+*H.fuscoatra*+ПК	23,0	45,3	29,8
$НСР_{05}$	*2,41*	*1,56*	*2,03*

Однако использование целлюлозолитического микромицета с соломой зерновых культур повысило урожай культуры на 16,1% относительно контроля, на 12,1% – в сравнении с внесением одной соломы и на 13,1% – соломы с азотным удобрением.

Заключение. Использование соломы зерновых культур и дополнительных компонентов (целлюлозолитического микромицета (*Humicola fuscoatra ВНИИСС 016*), азотного удобрения и питательной добавки (ПК) – патоки) для ускорения ее разложения может быть одним из способов улучшения свойств почвы и повышения её эффективного плодородия. Установлено положительное влияние этого способа на улучшение фотосинтетических процессов в листовом аппарате сахарной свеклы вследствие более активной эмиссии углекислого газа из почвы. Коэффициент продуктивности фотосинтеза составил 5,24, в то время как при использовании одной соломы – 3,90, что, в конечном итоге, сказывалось и на урожайности культуры, которая была выше контроля на 28,3%, использования одной соломы – на 29,7,соломы с азотным удобрением – на 18,4%. Кроме того, выявлено последействие трансформации соломы и дополнительных компонентов, в результате чего увеличивалась продуктивность озимой пшеницы и ячменя.

Литература

1. Колсанов Г.В. Солома как удобрение в зернопропашном севообороте на черноземе лесостепи Поволжья // Агрохимия. 2006. № 5. С. 30–40.

2. Мишустин Е.Н. Использование соломы в качестве удобрения // Почвоведение. 1971. № 8. С. 49–54.

3. Русакова И.В., Осковкин В.В. Микробная деградация соломы под влиянием биопрепарата БАГС и приемы повышения эффективности его применения на разных типах почв // Агрохимия. 2016. № 8. С. 56–61.

4. Сергеев Г.Я., Каверович В.В., Костенко Т.А. Влияние препарата Байкал ЭМ-1 на скорость разложения соломы // Земледелие. 2006. № 4. С. 14–15.

5. Колесникова М.В., Безлер Н.В., Агапов Б.Л. Формирование плодородия чернозема выщелоченного при интродукции аборигенного штамма целлюлозолитического микромицета и дополнительных компонентов при запашке соломы озимой пшеницы // Агрохимия. 2014. № 8. С. 17–25.

6. Черепухина И.В., Безлер Н.В. Использование соломы зерновых культур с *Humicola fuscoatra ВНИИСС 016* для повышения продуктивности культур зернопаропропашного севооборота // Земледелие. 2018. № 1. С. 35–41.

7. Рябчинская Т.А., Харченко Г.Л., Саранцева Н.А., Бобрешова И.Ю., Злотников А.К. Преодоление пестицидного стресса с помощью полифункционального препарата Альбит // Сахарная свекла, 2012. № 5. С. 23–28.

8. Методика исследований по сахарной свекле. Киев: ВНИС, 1986. 292 с.

THE PLOWING OF GRAIN CROPS STRAW WITH ADDITIONAL COMPONENTS AS A METHOD OF REPRODUCTION OF SOIL FERTILITY

I.V. Cherepukhina, N.V. Bezler

Federal State-Funded Institute of Science Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, Ramon district, VNIISS, icherepukhina@gmail.com,
Voronezh State University, Voronezh, bezler@list.ru

Summary. *Investigations carried out in a stationary field experiment showed that when the straw of grain crops (winter wheat and barley) is smeared together with the cellulosolytic micromycete (Humicola fuscoatra VNIISS 016), the rate of transformation of the straw increases. As a result, there was a regular increase in crop yields of cereal-steam-rotation crop rotation.*

Keywords: *straw of cereals, cellulosolytic micromycete (Humicola fuscoatra VNIISS 016), yield of sugar beet, winter wheat, barley.*

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ ОСАДКОВ ПРИРОДНЫХ ВОД НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

Ш.М. Ширинова, Е.М. Гасымов, В.Р. Курбанов

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, Азербайджан, Баку, shirinova51@mail.ru

Аннотация. *Едва ли какое-либо свойство почвы не зависит или даже непосредственно не определяется величиной почвенных частиц. Поэтому установление механического состава является непременным условием всякого вода исследования почв. Зная соотношение основных компонентов механического состава почв, можно более правильно оценить их с сельскохозяйственной точки зрения, дифференцировать многочисленные технологические, агротехнические, агромелиоративные мероприятия, направленные на повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.*

Ключевые слова: *осадки, продуктивность, механический состав, плодородие, экология, водохранилище, водоочистные сооружения, глинистые осадки.*

Актуальность. Внесение осадков с годами накопившихся в водохранилищах и каналах, под сельскохозяйственные культуры могут способствовать появлению новых представителей микрофлоры и микрофауны, которые в свою очередь способствуют повышению плодородия почв, улучшению мелиоративного состояния почв, уменьшению доз минеральных удобрений, тем самым улучшить экономическое состояние состава почв. До последнего времени изучение мутности взвешенных наносов рек, каналов и водохранилищ проводилось с позиций оценки их влияния на работу гидротехнических сооружений, русло деформирующие процессы. Однако взвешенные наносы оказывают определенное воздействие на мелиоративное состояние земель.

Проблемой является и то, что с каждым годом годных к севу земель становится все меньше и меньше. Внесение минеральных удобрений, сдерживаемых их дороговизной и нехватка достаточного навоза приводит к возрастанию интереса к альтернативным местным источникам питательных веществ и средств.

Объекты и методы исследования. Отношение к земле как природному ресурсу и хозяйственному объекту не только отражает состояние и эволюцию общественного производства и сознания, но и всегда было в эпицентре политической и экономической жизни страны.

Ухудшение экологии, а также усиление антропогенного воздействия приводит к быстрой деградации почвенно-растительного покрова. В результате снижается продуктивность экосистем.

Развитие человеческого общества и связанное с ним непрерывно расширяющееся использования природных ресурсов заметно изменяет окружающую среду.

Наиболее актуальной проблемой в настоящее время является разработка агрокомплекса мероприятий по выращиванию высоких и устойчивых урожаев всех сельскохозяйственных культур с наименьшими затратами труда и средств на единицу продукции. Эта проблема во всей ее сложности должна разрабатываться путем поставки стационарных комплексных опытов в зональных научно-исследовательских институтах по сельскому хозяйству и областных опытных станциях.

Государственная программа социально-экономического развития регионов по существу стало самым важным и основным экономическим инструментом для успешного и устойчивого развития нашей страны.

Вопросы эффективного использования пашни, минеральных и органических удобрений были и остаются приоритетными в сельском хозяйстве. Азербайджанское правительство, для надежного обеспечения населения продовольствием осуществило разностороннею государственную программу, направленную на развитие аграрного сектора, от которого напрямую зависит продовольственная безопасность, объявив 2015 год в Азербайджане годом сельского хозяйства.

Это решение было принято Президентом Азербайджана Ильхам Алиевым на конференции, посвященной итогам первого года реализации Госпрограммы социально-экономического развития регионов в 2014–2018 годах, где было отмечено, что производство сельскохозяйственной продукции, обеспечение внутреннего спроса и экспорта должны составлять одну систему [1].

Методика и результаты исследований. Важными аспектами оценки экологического состояния почв, изменяющегося в результате применения различных средств химизации, в том числе и минеральных удобрений, является наблюдения за физико-химическими и минералогическими свойствами почв, содержанием и составом гумуса, отражающими напряженность биологического круговорота и баланса элементов в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства. Выделение ареалов почв, построение структуры почвенного покрова требовало разработки их диагностики и уточнения классификационного положения. В этом отношении почвы Нахичеванской АР вызывает особый интерес, поскольку представляет собой территорию с историей формирования отложений, служащих почвообразующими породами, историей формирования рельефа и растительного покрова.

В Нахичеванской АР водоснабжение сельскохозяйственных районов обеспечиваются водохранилищами и каналами, к которым относятся Вайхырское водохранилище, Сирабское водохранилище, Нехрамский канал, Турьян канал. С годами, по мере поступления вод Нахичевань чая, в них происходит осаждение взвешенных наносов. Внесения осадков с годами накопившихся в водохранилищах и каналах, под сельсколхозяйственные культуры могут способствовать появлению новых представителей микрофлоры и микрофауны, которые в свою очередь способствуют повышению плодородия почв, улучшению мелиоративного состояния почв уменьшению доз минеральных удобрений, тем самым улучшить экономическое состояние состава почв.

Целью наших исследований является изучение и сравнение состава этих осадков на основании чего подготовить рекомендацию, какие из этих осадков, и в каких дозах, наиболее пригодны для использования, совместно с удобрениями, в сельском хозяйстве.

При рассмотрении результатов анализа механического состава, выполненного по методу Филатова [2], можно прийти к заключению, что данные образцы осадков песчано- крупнопылевато – суглинистые, соотношение фракций механического состава в разных образцах разное.

Как видно из таблицы, исследуемые осадки глинисто–пылевато-песчаные. Процент физической глины (частицы размером меньше 0.01мм) составляет 60-85%. По данным механического анализа прослеживается и минералогический состав осадка. Процентное содержание песка и пыли свидетельствуют о наличии первичных и вторичных минералов. Оптимальное соотношение между крупными и мелкими частицами благоприятно отражается на свойствах осадков, благодаря чему удерживаются элементы зольного питания от вымывания. Небольшие по размеру вторичные минералы склеиваются гумусовыми веществами, способствуя образованию в почве структуры [3].

Механический состав осадков из Нах. АР

№ образца	Ил, %	Пыль, %	Песок, %
Осадок 1	23.0	37.0	40.0
Осадок 2	25.0	35.0	40.0
Осадок 3	30.0	39.0	31.0
Осадок 4	20.0	40.0	40.0

В механическом составе доминирующими элементами являются мелкий песок и крупная пыль. Количество ила варьирует в пределах от 20 до 30%. Величина физической глины колеблется от 60 до 69 %, физического песка от 31 до 40%.

Название почве по механическому составу дают, учитывая соотношение песка и глины в почве. Если на одну часть глины приходится 1–2 части песка, почва называется глинистой,

при 3 частях песка – суглинистой тяжелой, при 4-суглинистой средней, 5–6-суглинистой легкой, при 7–9-супесчаной, при 10–11 частях – песчаной [2].

Выводы. Как показали результаты исследований, осадки представляют собой наиболее безопасные для окружающей среды вещества, обладающие одновременно агрономическими, экологическими и природоохранным акцентами. Доминирующими элементами в составе осадков являются мелкий песок и крупная пыль. Ил варьирует в пределах от 15 до 45%.

Литература

1. Алиев И.Г. 2015 год в Азербайджане объявлен годом сельского хозяйства. Общественно-политическая газета. 12 января 2015 г. Баку, 2015.

2. Заев П.П. и др. Общее земледелие с почвоведением. Л., 1966. С. 508.

3. Ширинова Ш.М., Гасымов Е.М., Курбанов В.Р. Регулирования состояния и функций почвенного покрова под воздействием осадков речных водоемов // Материалы Всероссийской научной конференции 28-29.IX.2010. М., 2011. С. 283–286.

INFLUENCE PRECIPITATION NATURAL WATERS ON PRODUCTIVITY SOIL COVER

Sh.M. Shirinova, E.M. Gasimov, V.R. Gurbanov

Institute of soil science and agro chemistry of NASA (National Academy of Science of Azerbajan**)**

Summary. *For the first time, the impact of clay sediments taken from water treatment facilities based river channels and water basins of the Nakhichevan Autonomous Republic on agricultural crops have been studied. It has been established that water sediments being non-traditional mineral resources are soil conditioners, and also help to restore the fertile agricultural lands in the formation of genetic layers, to create a favorable structure and have a great impact on comprehensibility of food items from soil and fertilizers. The purpose of the work is the study of the impact of the sediments taken from river basins of Nakhchyvan Autonomous Republic on the productivity of plants and humidity of soil. The map-scheme displaying the role of non-traditional mineral resources in improving the mineralogical composition of soils and soil properties in the Republic of Azerbaijan has been submitted.*

Keywords: *Sediments, productivity, mechanical composition, fertility, ecology, water reservoir, water treatment plants, clay sediments.*

УДК 631.445.4(571.51)

ЧЕРНОЗЕМЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ: ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА

А.А. Шпедт[1,2], Ю.Н. Трубников[1]

[1] Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН», Россия, Красноярск, shpedtaleksandr@rambler.ru
[2] Сибирский федеральный университет, Россия,Красноярск

Аннотация. *Приводится современная оценка состояния черноземов Красноярского края, их трансформация в условиях интенсивного использования. Общая площадь черноземов региона составляет 4,1 млн га, среди них доминируют типы: чернозем глинисто-иллювиальный (60,2%), чернозем (38,0%), которые составляют основу пашни региона. Средневзвешенное значение ПЭИ агрочерноземов региона составляет 47,5 балла, изменяется от 47,7 до 31,9 баллов и уменьшается в ряду: агрочернозем глинисто-иллювиальный – агрочернозем – агрочернозем текстурно-карбонатный.*
Ключевые слова: *почва, свойства черноземов, оценка черноземов, почвенно-экологический индекс.*

Почвенно-земельные ресурсы самая потребляемая часть окружающей природной среды, экономическая и экологическаянагрузка на которую имеет постоянную тенденцию к возрастанию, и, что особенно важно, земельные ресурсы представляют пространственную гарантию стабильной жизни и деятельности настоящего и будущих поколений. Согласно Почвенной карте РСФСР М 1:2 500 000 [1] общая площадь Красноярского края составляет 233,97 млн га или 13,7% территории РФ. На долю почвенного покрова приходится 224,14 млн га, что составляет 95,8% площади региона. В структуре почвенного покрова почти 35% занимают горные почвы, а площадь под лесными почвами составляет 108,86 млн га или 48,5% от почвенного покрова.

Красноярский край – один из крупнейших производителей продовольствия на востоке России. Регион занимает 2 место в СФО по производству продукции сельского хозяйства. Природно-климатические риски создают постоянные угрозы стабильности объемов сельхозпроизводства и обусловливают высокие издержки производителей. Среднегодовое количество осадков в лесостепях и степях края составляет 200–400 мм, что крайне недостаточно для обеспечения высокой продуктивности сельскохозяйственных культур. Две трети осадков выпадает в теплый период, с максимум во второй половине вегетации, что создает засушливые условия в начале лета.

В соответствии с интегральной оценкой качества почв для сельскохозяйственного использования, проведенной в 2013 г., Красноярский край отнесен к «наиболее неблагоприятным» регионам [2]. Процент непригодных для аграрного производства почв равен 81. Площадь самых плодородных, и, следовательно, наиболее продуктивных в сельском хозяйстве почв – черноземов, по сравнению с общей площадью, выглядит незначительной (всего около 2%). Однако эти проценты соответствуют примерно 4,1 млн га – огромной площади, благодаря которой край является одним из главных производителей продовольственного и товарного зерна в Сибири. Площадь дерново-карбонатных и серых лесных почв, также пригодных для ведения рентабельного земледелия более чем в четыре раза больше. Сельскохозяйственное производство ведется, прежде всего, на наиболее плодородных, высокобонитетных почвах, требующих меньше затрат на обработку, удобрения и средства защиты растений.

Актуальность. Информация о ценности почвенных ресурсов крайне важна при их распределении или перераспределении между отраслями производства, для развития аграрной отрасли, определения инвестиционной привлекательности, повышения доходности земледелия. Огромные массивы черноземов все еще не востребованы, находятся под редколесьями, залежами, либо используются как пастбища. В настоящее время они должны рассматриваться как недоучтенный резерв для расширения площади пахотных угодий и, как важнейший, наиболее сбалансированный для жизни человека, экологический ресурс. Безусловно, сибирские черноземы уступают европейским аналогам в плодородии, имеют ряд провинциальных,

чаще всего, негативных особенностей, однако недооценивать их производительную способность и экологическое значение нельзя.

Объекты и методы исследования. На основании обширного экспедиционного и аналитического материала установлено, что в пределах земледельческой части Красноярского края выделяется четыре типа чернозёмов: чернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный (4,7%),чернозем глинисто-иллювиальный типичный (55,5%),чернозем (38,0%), чернозем текстурно-карбонатный (1,4%). Они не образуют выраженных почвенных поясов, и представлены разными родами, видами и разновидностями: отмалоплодородных мелких, слабогумусированных, часто карбонатных, до высокоплодородных, среднемощных и мощных, тучных. Данные почвы приурочены к шести природным округам: Ачинско-Боготольскому, Красноярскому, Канскому, Назаровскому, Чулымо-Енисейскому и Южно-Минусинскому. Регион занимает второе место в СФО по распространению черноземов. Вместе с Алтайским краем здесь сосредоточено 50% всех сибирских черноземов.

Почвенно-экологические индексы (ПЭИ) рассчитывали по апробированным методикам [3, 4]. Результирующий ПЭИ, как итоговое значение, определялся через произведение почвенного, климатического и агрохимического индексов. Расчет индексов выполнен при помощи автоматизированной электронной системы (АЭС), разработанной на базе MicrosoftExcel.

Исходные данные для расчетов взяты из источника [5]. По каждому из показателей имеются математически достоверные средние, и их доверительный интервал. Высокое содержание гумуса характерно для агрочерноземовглинисто-иллювиальных оподзоленных (табл. 1). Агрочерноземы глинисто-иллювиальный типичный и дисперстно-карбонатный отличаются от него меньшим содержанием гумуса, на 1 и 2% соответственно. Все почвы имеют нейтральную реакциюи очень высокую, и высокую обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием.

Обсуждение результатов. Черноземы Красноярского края обладают хорошими физическими, водно-физическими, физико-химическими и агрохимическими свойствами. Это самые плодородные почвы региона. Температурный режим черноземов определен как резко континентальный и более напряженный, по сравнению с западно-сибирскими и особенно европейскими аналогами [5]. Жесткий температурный режим определяет ряд провинциальных особенностей красноярских черноземов: укороченный гумусовый горизонт, повышенная гумусированность, короткицй период биологической активности, карманистость, наличие признаков оглеения, слоистая текстура, повышенная эффективность азотных удобрений. Для данных почв характерна комплексность почвенного покрова и литологическая неоднородность почвообразующих пород. Палеокриогенный бугристо-западинный рельеф территории обусловливает формирование парагенетических рядов почв и значительную пестроту почвенного покрова, активно проявляющуюся в сильном варьировании урожайности сельскохозяйственных культур. Одно из проявлений комплексности и пестроты почвенного покрова это наличие затеков, языков или карманов на границе гумусового и иллювиального горизонтов. Такие образования формируются под влиянием резкой засухи летом и сильного промерзания зимой, что приводит к растрескиванию почвы и перемещению мелкозема, обогащенного гумусом, вниз по профилю почвы.Примерно 50% всех черноземов находится в пашне, поэтому широко распространены их эродированные и дефлированные разновидности.

Таблица 1

Площадь, основные исходные данные для расчета ПЭИ агрочерноземов

Площадь, тыс. га		Гумус, %	Гранулометрический состав	pH_{KCl}	Содержание		Суммаза год	
общая	пашни				P_2O_5	K_2O	t>10ºC	осадков, мм
Агрочернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный								
191,4	176,9	9,7	тяжелый сугл.	6,2	оч. высокое	оч. высокое	1725	390
Агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный								
2301,1	1053,0	8,5	тяжелый сугл.	6,5	оч. высокое	оч. высокое	1750	360
Агрочернозем								
1563,5	722,4	7,7	тяжелый сугл.	7,1	оч. высокое	оч. высокое	1775	320
Агрочернозем текстурно-карбонатный								
56,5	19,9	4,5	средний сугл.	7,1	высокое	высокое	1825	300

В структуре почвенного покрова распаханных массивов Красноярского края агрочерноземы занимают около 62%. ПЭИ основных типов этих почв достаточно высокий, находится в пределах 47-48 баллов и снижается в агрочерноземе текстурно-карбонатном до 32 баллов (табл. 2). Эрозия существенно, на 20 баллов, а дефляция, менее значимо (7–13 баллов) понижают их ценность. В целом агрочерноземы региона имеют высокиепочвенный, агрохимический индексы и итоговый ПЭИ. Для сравнения, все черноземы Краснодарского края имеют ПЭИ, равный 100 баллам. Согласно выполненному исследованию, красноярские агрочерноземы уступают в плодородии краснодарским более чем в 2, а с учетом эрозии и дефляции – более чем в 3 раза.

Таблица 2

Промежуточные индексы и итоговый ПЭИ агрочерноземов, балл

Наименование почвы	Индекс			
	почв.	агро-хим.	клима-тич.	итого-вый
Агрочернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный	10,08	1,23	3,85	47,7
тоже среднеэродированный	6,96	1,03	3,85	27,6
Агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный	9,98	1,23	3,88	47,6
тоже среднеэродированный	6,88	1,03	3,88	27,5
Агрочернозем	10,26	1,23	3,77	47,6
тоже среднедефлированный	9,02	1,03	3,77	35,0
Агрочернозем текстурно-карбонатный	7,22	1,14	3,87	31,9
тоже среднедефлированный	6,37	1,03	3,87	25,4
Среднее для неэродированных почв	10,11	1,21	3,83	43,7
Средневзвешенное для неэродированных почв	–	–	–	47,5
Среднее для эродированных и дефлированных почв	7,62	1,03	3,83	30,1

В условиях региона проведена серия полевых многолетних опытов [6] по изучению влияния содержания гумуса, лабильных гумусовых веществ на продуктивность зерновых культур. Определены математические зависимости, на основе которых построены модели урожайности и разработаны градации содержания в почве гумуса и лабильных гумусовых веществ. Зависимости между содержанием в почве гумуса, его лабильных форм и урожайностью характеризуются как прямые и средние. Связь имеет место только при достаточно низких величинах содержания гумуса (2,1–5,1%) и лабильных гумусовых веществ (90–393 мг С/100 г почвы).На агрочерноземах глинисто-иллювиальных, среднесуглинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава применительно к зерновым культурам предложено использовать следующие оценочные градации: содержание гумуса (%) – <2,0 – очень низкое, 2,0–3,0 – низкое, 3,0–4,0 – среднее, 4,0–5,0 – высокое, >5,0 – очень высокое; содержание лабильных гумусовых веществ (мг С/100 гпочвы) – <100 – очень низкое, 100–200 – низкое, 200–300 – среднее, 300–400 – высокое, >400 –очень высокое.

На территории региона интенсивно развивается водная, ветровая и комплексная эрозия. Эрозии разных видов и интенсивности подвержено 1249,5 тыс. га сельскохозяйственных угодий, из них: дефляции – 663,9 (53,1%), водной эрозии – 397,2 (31,8%), комплексной – 188,4 тыс. га (15,1%) [7]. Наличие эрозии стало результатом взаимодействия природных факторов и хозяйственной деятельности человека, выразившейся в сведении лесных массивов, сплошной распашке землепользования, без учета ландшафтных особенностей и внедрения противоэрозионных мероприятий. Созданные в 60-е гг. XX в. лесные полосы часто находятся в неудовлетворительном состоянии и не способны обеспечить защиту почвенного покрова.

На основании многолетних исследований установлено [8], что вагропочвахрегиона содержание лабильного органического вещества (ЛОВ) изменяется в пределах 0,15–1,55% массы почвы. По сравнению с почвами, занятыми сельскохозяйственными культурами, содержаниеЛОВ уменьшается в почвах чистых паров на 30и увеличивается в почвах разновозрастных залежей на 59%. Для оценки содержания ЛОВ пахотных почвземледельческой части края предложена градация (%): <0,30 – очень низкое, 0,31–0,60 – низкое, 0,61–0,90 – среднее,

0,91–1,20 – повышенное, 1,21–1,50 – высокое, >1,51 – оченьвысокое.Для оценки степени выпаханности почвиспользуется доля содержания ЛОВ в органическом веществе почвы(%). Применительно к пахотным почвам Красноярского края предложена градация (балл):<3,0 – очень слабая, 3,1–6,0 – слабая, 6,1–9,0 – средняя, 9,1–12,0 – сильная, >12,1 – оченьсильная.

Уровень плодородия агрочернозёмов и обеспеченность региона осадками обусловливает целесообразность внедрения в систему земледелия края зерно – пропашных севооборотов [9]. Без применения удобрений урожайность зерновых культур севооборота в среднем составляет 20-24 ц/га з. е. [10]. Эта величина может служить оценкой производительной способности чернозёмов Красноярского края. Длительное применение минеральных удобрений ($N_{40}P_{20}K_{20}$) на чернозёме глинисто-иллювиальном за семь ротаций шестипольного севооборота увеличило содержание обменного калия в почве с 16,9 до 19,4; фосфора – с 20,9 до 25,4 мг/100 г почвы. Внесение органических удобрений (навоз КРС, 30-60 т/га в паровое поле) не обеспечило достоверного увеличения гумуса (0,28% при $НСР_{05}$ = 0,30), но определило повышение подвижного фосфора (r = 0,80), а так же улучшило нитрификационную способность почвы (r = 0,76). Использование удобренийпривело к повышению продуктивности севооборотов на 40–50%. Наибольшую окупаемость 1 кг д.в. обеспечили азотные удобрения – 20-35,а окупаемость 1 кг д.в. фосфорных удобрений составила 18-27 кг зерна.

В Красноярском крае не используется 1,14 млн га ранее распаханных земель, которые фактически можно считать разновозрастными залежами.Накопление гумуса и его подвижных соединений, а также общего азота в почве, в условиях залежи, происходит пропорционально продолжительности периода биологической активности почв: чем он продолжительнее (в границах 104–122 дня), тем быстрее восстанавливается гумусное состояние [11]. Предложен регламент освоения залежных земель в зависимости от степени интенсификации хозяйств. Для оптимизации использования и вовлечения в пахотный фонд залежных земель необходимо проведение инвентаризации земель сельскохозяйственного назначения на уровне хозяйств, формирование агроландшафтов с оптимальным соотношением угодий. Ограничением для перевода земель из залежи в пашню может служить высокий процент распаханности территории, проявление дефляции почв в сильной степени, наличие крутых склонов (более 7°), загрязнение почв химическими соединениями.

В регионе остро стоит проблема загрязнения почв водорастворимым фтором, выбрасываемом в атмосферу Красноярским алюминиевым заводом. Химической деградации подвержены десятки тыс. га плодородных [12]. Так, с 1995 г. средневзвешенное содержание водорастворимого фтора впочвах сельскохозяйственных угодий ряда хозяйств увеличилось в 1,7–1,9 раза, достигнув 33–39 мг/кг, при ПДК равном 10.

Выводы:

1. Общая площадь черноземов в Красноярском крае составляет 4,1 млн. га, среди них доминируют типы чернозем глинисто-иллювиальный (60,2%) и чернозем (38,0%).Почвы обладают хорошими физическими, водно-физическими, физико-химическими и агрохимическими свойствами. Жесткий температурный режим определяет ряд провинциальных особенностей красноярских черноземов: укороченный гумусовый горизонт, повышенная гумусированность, короткий период биологической активности, карманистость, наличие признаков оглеения, слоистая текстура. Данные почвы составляют основу пашни региона.

2. Средневзвешенное значение ПЭИ агрочерноземоврегиона составляет 47,4 балла. ПЭИ агрочерноземов изменяется от 47,7 до 31,9 баллов, и уменьшаются в ряду: агрочерноземглинисто-иллювиальный – агрочернозем – агрочернозем текстурно-карбонатный. Развитие эрозии и дефляции в средней степени понижает значение ПЭИ, соответственно, на 20 и 7–13 баллов.

3. Величина итогового почвенно-экологического индекса в большей степени определяется значениями почвенного индекса. Значения агрохимического и климатического индексов нивелированы, в связи с тем, что оценивались почвы одного генезиса, близкие по свойствам и особенностям плодородия.

Литература

1. Почвенная карта РСФСР М 1:2 500 000 / гл. ред. В.М. Фридланд. М.: ГУГК СМ СССР, 1988. 16 л.
2. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С. Качество почв России для сельскохозяй-ственного использования // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 6. С. 41–45.
3. Карманов И.И. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур. М.: Изд-во РАСХН, 1990. 114 с.
4. Карманов И.И. Почвенно-экологическая оценка и бонитировка почв // Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. М.: Агропромиздат, 1991. С. 161–233.
5. Крупкин П.И. Черноземы Красноярского края: Монография. Красноярск: Издательство КрасГУ, 2002. 332 с.
6. Шпедт А.А. Влияние гумусовых веществ черноземов Красноярского края на продуктивность зерновых культур // Агрохимия. 2016. № 2. С. 3–9.
7. Лисунов В.В. Обработка почвы в Восточной Сибири. Новосибирск: РАСХН. Сиб. отделение, 2002. 276 с.
8. Шпедт А.А., Вергейчик П.В., Картавых В.В. Оценка легкоразлагаемого органического вещества почв сельскохозяйственных угодий Красноярского края // Агрохимия. 2015. № 12. С. 36–43.
9. Рудой Н.Г., Трубников Ю.Н., Продуктивность зернопаропропашного севооборота на чернозёмах в Приенисейской Сибири // Вестник КрасГАУ, 2016. Вып. 2. С. 134–138.
10. Трубников Ю.Н. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические свойства и производительную способность черноземов Красноярского края // 75 лет географической сети опытов с удобрениями. М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2016. С. 279–283.
11. Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. Гумусное состояние и рациональное использование почв залежных земель Приенисейской Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 5. С. 5–8.
12. Танделов Ю.П. Фтор в системе почва – растение. Красноярск, 2012. 146 с.

CHERNOZEMS OF THE KRASNOYARSK REGION: ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE AND PRODUCTION POTENTIAL

A.A. Shpedt[1, 2], Yu.N. Trubnikov[1]

[1] Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture of the Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS", Russia, Krasnoyarsk, shpedtaleksandr@rambler.ru
[2] Siberian Federal University,Russia, Krasnoyarsk

Summary. *Modern estimates of a condition of chernozems of the Krasnoyarsk region, their transformation in the conditions of intensive use are given. The total area of chernozems of the region is 4,1 million hectares, among them types dominate: LuvicChernozems (60,2%), Chernozems (38,0%). These soils make a region arable land basis. The Soil-Ecological Index average value of agrochernozems of the region is 47,4 points. Soil-Ecological Index of agrochernozems changes from 47,7 to 30,7 points, and decrease among: LuvicChernozems – Chernozems – Calcic Chernozems.*

Keywords: *soil, properties of Chernozems, assessment of Chernozems,soil and ecological index.*

УДК 631.416:631.83

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

В.Н. Якименко

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, yakimenko@issa.nsc.ru

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы подразделения калийного фонда почвы на отдельные формы, взаимосвязи почвенных форм калия, функционирования механизмов саморегуляции их уровня. Предлагаются параметры оценки почвенного калийного состояния.*
Ключевые слова: *почва, калий, формы калия, оценка калийного состояния почвы.*

Общие запасы калия в автоморфных почвах определяются качественным и количественным составом почвенных минералов и, как правило, представляют собой значительную величину [1]. Однако содержание валового калия в почвах лишь условно может характеризовать их калийное состояние, в связи с тем, что катионы элемента занимают различные по прочности связи с матрицей, а, следовательно, и по доступности растениям позиции. Максимальной подвижностью обладают ионы почвенного раствора, минимальной – калий, входящий в каркасную кристаллическую решетку полевых шпатов [2].

Главными калийсодержащими компонентами почв являются почвенный органоминеральный комплекс, трехслойные вторичные глинистые минералы и первичные минералы почвенного скелета. На основании степени прочности связи катионов с твердой фазой почв, определяемой по способности ионов калия вытесняться различными экстрагентами, и по приуроченности к тем или иным почвенным носителям элемента, весь калийный пул почв подразделяется на формы:

– обменный К – (в том числе калий почвенного раствора или водорастворимый) извлекается раствором нейтральной соли, т.е. при реакциях замещения одних катионов на другие; приурочен к почвенному органоминеральному поглощающему комплексу;

– необменный К – (в том числе необменно-поглощенный калий) не участвует в реакциях катионного обмена, экстрагируется растворами сильных кислот при кипячении и дислоцируется в межслоевом пространстве трехслойных глинистых минералов;

– К минерального скелета – извлекается только после разрушения кристаллической решетки первичных минералов при обработках сильными кислотами.

Исследования показали, что даже при интенсивной истощающей сельскохозяйственной нагрузке на почвы, в них всегда сохраняется некоторый, пусть и минимальный, уровень всех форм калия [2]. Не происходит так, чтобы сначала были полностью исчерпаны запасы водорастворимого калия, затем иссякла вся обменная форма и начал, соответствующим выносу образом, снижаться уровень необменной. При длительном сельскохозяйственном использовании почв отмечается параллельное уменьшение содержания всех форм почвенного калия, прежде всего, наиболее подвижных.

Причиной этого является следующее:

– во-первых, пока еще не существует метода, определяемое с помощью которого содержание почвенного калия, точно соответствовало бы количеству элемента, поглощаемого растениями; катионы, одинаково извлекаемые из почв каким-либо экстрагентом, совсем не адекватно участвуют в питании растений; селективность почв к значительной части этих катионов выше, чем усваивающая способность корневой системы.

– во-вторых, в процессе эволюции почвы складывается определенное соотношение между формами почвенного калия, обусловленное генетической близостью самих носителей калийных форм; содержание обменного калия, во многом, определяется количеством дисперсной фракции почв (при близком их минералогическом составе), а уровень необменной формы калия также в значительной степени зависит от содержания в почвах ила и физической глины; абсолютное содержание форм калия в почвах может быть различным, но пропорции ме-

жду формами довольно близки; если в почвах естественных биогеоценозов эти пропорции очень устойчивы, то при земледельческом использовании почв соотношение между формами калия может заметно изменяться, хотя и в этом случае, буферность почвенной системы калийсодержащих позиций довольно высока; это определяется взаимосвязанностью всех форм почвенного калия, способностью катионов переходить из одного состояния в другое.

Взаимосвязь форм почвенного калия в агроценозе схематично показана на рисунке. При потреблении растениями калия почвенного раствора, его уровень стремится к восстановлению за счет наиболее подвижных катионов обменной формы; снижение же содержания обменного калия восполняется до исходного катионами, перешедшими из необменного состояния. Процессы внутрипочвенного выветривания, усиливающиеся в условиях агропедогенеза, способствуют высвобождению некоторого количества калия почвенного скелета; эти катионы могут депонироваться в любой из более подвижных форм, в зависимости от того, в какой из них относительное снижение уровня элемента (от исходного) было наибольшим, а также непосредственно поглощаться растениями.

Указанные процессы наиболее эффективно протекают в неистощенных по калию почвах, обладающих высокой восстановительной способностью. При перманентном снижении почвенного плодородия, этот механизм саморегуляции нарушается, вплоть до полной деградации.

На истощенных почвах, вносимый в них калий удобрений избирательно распределяется по почвенным позициям, начиная с наиболее селективных к элементу. Вначале занимаются все незаполненные необменные позиции, затем обменные – с меньшей энергией связи. Повышение после этого концентрации калия в почвенном растворе будет сопровождаться потерями элемента в результате вымывания; большего количества калия, чем позволяет ее поглотительная способность, почва удержать не в состоянии.

Механизмы саморегуляции уровня обменного и необменного калия действуют аналогично во всех почвах, независимо от абсолютных значений содержания форм элемента [2]. Однако, чем больше исходные запасы калия, тем выше буферность почвенно-калийной системы, тем дольше могут поддерживаться естественные пропорции между подвижными фракциями этого элемента. Это связано с тем, что потери калийного фонда почв за счет выноса из них калия растениями составляют близкие величины во многих почвах (при прочих равных условиях). Например, урожай зерна пшеницы в 3 т/га можно получить и на супесчаной дерново-подзолистой почве и на тяжелосуглинистом черноземе. Естественно, что даже годовое потребление культурой, скажем, 100 кг калия с гектара, будет чувствительно для почвы легкого гранулометрического состава, в то время как на богатой элементом тяжелосуглинистой почве годовой вынос элемента останется практически незамеченным. Следовательно, на фоне одинакового потенциального выноса калия урожаем из разных почв и проявляется значение естественных почвенных запасов этого элемента в обеспечении продолжительности периода способности почв самовосстанавливать уровень наиболее подвижных форм элемента.

Впрочем, и при высоких запасах калия в почвах, перманентный большой некомпенсируемый вынос элемента в интенсивных агроценозах приводит, за не столь продолжительное время, к снижению уровня его обменной и необменной форм. Определенное уменьшение содержания этих форм элемента является лишь внешним проявлением изменения калийного состояния почв. Действительной причиной, вызывающей снижение обеспеченности растений калием, является значительное ослабление способности почв десорбировать катионы из более прочносвязанного состояния в менее, т.е. истощение подвижных фракций всех форм элемента. Подобное состояние может отмечаться при разном абсолютном содержании форм калия в различных почвах.

Взаимосвязь и взаимозависимость форм почвенного калия подтверждается и данными таблицы. В целинной серой лесной почве были взяты образцы из слоев 0–20, 20–40, 40–60, 60–80 и 80–100 см, определено содержание в них форм калия и рассчитаны коэффициенты корреляции между ними; аналогичная операция была проведена через 12 лет использования этой почвы в условиях интенсивных агроценозов.

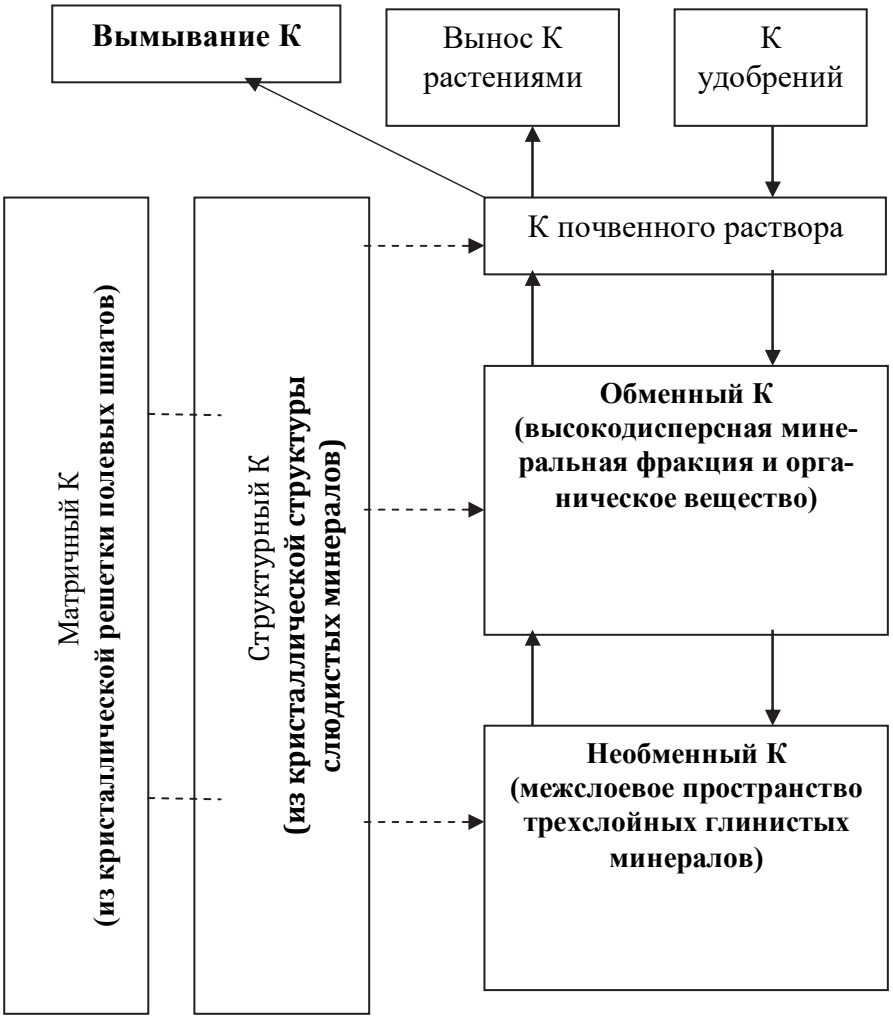


Рис. 1. Взаимосвязь между почвенными формами калия в агроценозе

В неистощенной по калию целинной почве отмечается высокая корреляция между содержанием форм элемента, обусловленная способностью катионов переходить из одного состояния в другое в случае смещения равновесия в почвенной системе калийселективных позиций.

Длительное интенсивное использование почвенных калийных запасов приводит к заметному снижению степени корреляционной связи между формами калия в связи с истощением резервов подвижных фракций катионов и нарушением почвенной калийдесорбционной способности.

Следует отметить, что корреляционная связь между содержанием в почве структурного калия, с одной стороны, и более подвижных форм элемента – с другой, отсутствовала. Это обусловлено тем, что катионы почвенного минерального скелета могут переходить в подвижное состояние только после разрушения кристаллической решетки минералов. Скорость же процессов внутрипочвенного выветривания первичных минералов не позволяет рассчитывать на высвобождение сколь-нибудь значимого количества катионов за сравнительно непродолжительное время (например, вегетационный период). И хотя в процессе эволюции почв первичные минералы оказали решающее влияние на почвенный уровень форм элемента, на коротком отрезке времени их значение в оперативном восстановлении содержания в почвах обменного и необменного калия невелико. Отмечаемое в почве снижение запасов структурного калия при интенсивной истощающей нагрузке связано, прежде всего, с поглотительной способностью корневой системы выращиваемых культур, и, в значительно меньшей степени, с пополнением резервов подвижных фракций элемента.

Не умаляя значения всего корнеобитаемого слоя почв в обеспечении растений калием, следует признать, что решающая роль в этом отношении принадлежит пахотному горизонту.

Калийные ресурсы пахотного слоя и следует, в первую очередь, принимать во внимание при оценке калийного состояния почв.

Матрица коэффициентов парной корреляции между формами калия в профиле среднесуглинистой серой лесной почвы

Форма калия	Легкообменный	Обменный	Необменный
Целина			
Легкообменный	1	0.892	0.859
Обменный	0.892	1	0.879
Необменный	0.859	0.879	1
Через 12 лет в зерновом севообороте			
Легкообменный	1	0.630	0.634
Обменный	0.630	1	0.761
Необменный	0.634	0.761	1
Через 12 лет в овощном севообороте			
Легкообменный	1	0.764	0.676
Обменный	0.764	1	0.747
Необменный	0.676	0.747	1

Не меньшее значение имеет и величина выноса калия выращиваемыми культурами (иными словами – продуктивность агроценоза). От темпов поглощения калия сельскохозяйственными растениями, прежде всего, зависит прогнозная оценка почвенных запасов элемента.

На современном этапе развития общества не может быть альтернативы получению высоких и устойчивых урожаев выращиваемых культур. Традиционное отношение к запасам калия в почвах, как неисчерпаемому источнику, может сослужить в этом отношении плохую службу. Исследования показали, что даже в самых богатых элементом почвах, ресурсов его подвижных форм хватает только на срок порядка 10–12 лет; в дальнейшем почвенные запасы калия неизбежно становятся фактором, лимитирующим, в той или иной степени, урожайность всех культур. На почвах же легкого гранулометрического состава получение достойных урожаев без дополнительного калийного питания практически невозможно [2, 3].

В связи с существующей корреляционной связью между наиболее подвижными формами калия в почвах, выбор параметров оценки почвенного калийного состояния достаточно широк [3, 4]. Реальная обеспеченность почв калием может быть определена только при условии учета специфики каждого используемого показателя.

Содержание легкообменного калия или калия почвенного раствора хорошо характеризует степень истощенности почв этим элементом, их способность десорбировать катионы. По мере утяжеления гранулометрического состава почв общее количество в них обменных катионов растет, но подвижность катионов снижается; в связи с этим, уровень калия в почвенном растворе, соответствующий оптимальной обеспеченности для растений, примерно одинаков на различных почвах. Однако этот показатель, в силу своей динамичности, позволяет оценить только текущее почвенное состояние и не дает возможность судить об условиях калийного питания растений, скажем, в следующем вегетационном периоде.

Другой, более устойчивый показатель – степень насыщенности емкости катионного обмена калием – также, в конечном счете, оценивает способности почвенно-поглощающего комплекса десорбировать элемент в почвенный раствор. При насыщении ППК калием значительно возрастает его подвижность; и, наоборот, снижение доли элемента в общем обменном катионном пуле резко ограничивает его активность.

Оба вышеназванных показателя дают, прежде всего, качественную характеристику почвенного калийного состояния, показывают, в какой степени почвы истощены или обеспечены подвижными фракциями калия; хотя при невысоких естественных запасах подвижных форм элемента (например, в супесчаных почвах) даже исходно оптимально обеспеченные калием почвы за год-два интенсивного использования могут перейти в совсем другую категорию.

Индексом, позволяющим провести количественную оценку почвенного калийного статуса, является содержание в почвах обменного и необменного калия. Уровень обменной формы дает представление о потенциальных возможностях восполнения снижающейся концентрации элемента в почвенном растворе, а содержание необменного калия, кроме того, показывает восстановительные ресурсы для всего обменного комплекса почв. Обязательное условие корректного использования указанных показателей состоит в учете количества почвенной глинистой фракции, как природного носителя наиболее подвижных форм калия, а также биологических особенностей выращиваемых культур.

В силу тесной взаимосвязанности содержания необменного и обменного калия в почвах, соотношение между этими формами является важным показателем калийного статуса почв. Величина этого соотношения, примерно одинаковая в различных почвах с близкими условиями калийного питания, косвенно показывает заполненность калийселективных позиций катионами элемента и преимущественное доминирование, в текущий момент, процессов десорбции или фиксации калия.

Таким образом, комплексная оценка калийного статуса пахотных почв предусматривает параллельное использование показателей, характеризующих как качественное состояние почвенной системы калийселективных позиций, так и количественный состав форм калия. Только при совместном применении этих индексов обеспеченности могут быть выявлены истинные возможности почвы гармонично удовлетворять потребности выращиваемых культур в калии. Осуществляемое на основе этих знаний рациональное регулирование калийного питания растений, будет в немалой степени способствовать высокой и стабильной продуктивности агроценозов [2, 3].

Литература

1. Середина В.П. Калий и почвообразование. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2012. 354 с.
2. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. 231 с.
3. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. М.: Ледум, 2000. 185 с.
4. Якименко В.Н. Формы калия в почвах и методы их определения // Почвы и окружающая среда. 2018. № 1. С. 26–33.

COMPLEX ESTIMATION OF SOIL POTASSIUM STATUS

V.N. Yakimenko

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB of RAS, Novosibirsk, yakimenko@ issa.nsc.ru

Summary. *The article deals with the issues of the division of potash soil fund into separate forms, the relationship of soil potassium forms, the functioning of self-regulation mechanisms of their level. The parameters of assessment of soil potassium state are proposed.*

Keywords: *soil, potassium, forms of potassium, assessment of potassium state of soil.*

УДК 631.84 : 631.445.42 : 631.459.01

СТРУКТУРА УРОЖАЯ И СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.П. Якутина, Т.В. Нечаева, Н.В. Смирнова

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, oyakutina@yandex.ru

Аннотация. *Изучались структура урожая и содержание основных элементов питания в зерне и соломе яровой пшеницы, выращенной на участках склонов полярных экспозиций в двух, наиболее эрозионно опасных районах Новосибирской области. Показано, что наибольшая продуктивность пшеницы была получена на несмытых почвах южной и юго-восточной экспозиции. С усилением степени смытости почв показатели структуры урожая наиболее существенно снижались на почвах северо-западной экспозиции склона.*

Ключевые слова: *масса снопа и зерна в снопе, масса 1000 зерен, азот, фосфор и калий в зерне и соломе, яровая пшеница, эродированные почвы, Западная Сибирь.*

Вопросы качества зерновой продукции, выращиваемой в сложных агроландшафтных условиях остаются в настоящее время актуальными. Снижение уровня химизации сельского хозяйства на фоне утраты почвозащитных технологий в регионах с большим количеством сельскохозяйственных земель, расположенных на склонах, приводит не только к недобору урожая, но также к снижению качества продукции. Расчеты [1] показывают, что недобор зерна озимой пшеницы в результате эрозионных процессов в севооборотах различных конструкций и по различным обработкам почвы составляет 0.15-0.37 т/га. Данными, полученными в агроландшафтах лесостепи центрального Черноземья [2], показано, что яровая мягкая пшеница, размещенная на склоновых землях в 1,3–1,7 раза чаще поражается корневыми гнилями, а ее урожайность на 6.4-38% ниже, чем на выровненном участке. Авторы рекомендуют высевать яровую пшеницу в срединной части склона, что позволяет получать урожаи зерна на уровне 22.9–26.6 ц/га, что на 1.5-18.3% больше, чем в верхней и нижней частях склона. При анализе данных других исследователей этой части территории России складывается противоречивая картина сведений по структуре и качеству урожая, так Н.В. Долгополова [3] сообщает о снижении биологической продуктивности твердых и мягких сортов пшеницы на северных эрозионно опасных склонах в сравнении с южными. Длина колоса, количество зерен в колосе, масса одного колоса и масса 1000 зерен согласно ее данным варьировали по годам, но в целом имели тенденцию к снижению в ряду водораздел→южный склон→северный склон. Содержание клейковины в зерне в зависимости от экспозиции склона изменялось незначительно. Данными Митрохиной О.А. [4] показано, что наименьшая продуктивность зернопропашного севооборота отмечена на склоне южной экспозиции (прибавка – 6.3 ц/га), более высокая на склонах северной экспозиции (прибавка – 8.7 ц/га). Исследованиями автора также установлено, что расположение склонов в пространстве влияло на показатели качества зерна озимой пшеницы, так содержание клейковины в зерне озимой пшеницы на южном склоне составило 28%, на северном – 32%. Рост урожайности также был отмечен на северном склоне.

В условиях Восточной Сибири наиболее благоприятные условия для выращивания яровой пшеницы складываются на плато, южных и восточных склонах [5]. Юг Западной Сибири является зоной повышенной эрозионной опасности, наличие на этой территории большого количества сложных склонов с уклонами более 4 градусов, климатические условия зимнего и весеннего периода способствуют развитию эрозионных процессов [6]. Данными, полученными на территории Предсалаирья показано, что наилучшие показатели структуры урожая пшеницы наблюдались на несмытых почвах водораздела. С усилением степени смытости они ухудшались, причем наиболее существенно на склоне северо-восточной экспозиции. На среднесмытой почве масса снопа и масса зерна в снопе снизились в 3.3 и 3.8 раза в сравнении с несмытой почвой [7]. Юг Западной Сибири является зоной распространения черноземов, наиболее плодородных почв, дающих основную массу урожая зерновых культур. Большая часть этих почв расположена на склонах, где влияние экспозиции склона и степени смытости почвы на качество зерновой продукции значительно. Цель данной работы – охарактеризовать структуру урожая и качество зерновой продукции на черноземах склоновых агроландшафтов юга Западной Сибири.

Объекты и методы. Исследование проведено на юге Западной Сибири, геоморфологически относящееся к территории Предсалаирья (Буготакский мелкосопочник) на трех экспериментальных участках. Участок 1 (Искитимский район Новосибирской области) находился на склоне южной экспозиции с уклоном от 0 до 9.5º. Почвенный покров [8] представлен оподзоленным черноземом (Чоп) различной степени эродированности. Участки 2-3 (Тогучинский район Новосибирской области) располагались на сложном склоне с площадками юго-восточной и северо-западной экспозиции соответственно. Почвенный покров представлен черноземом выщелоченным (Чв) несмытым и слабосмытым (участок 2); темно-серой лесной (СЛт) несмытой, слабо- и среднесмытой почвами (участок 3).

Почвенные образцы отбирали в двухкратной повторности из разрезов, заложенных на участках согласно степени смытости почвы; растительные образцы – рамкой 50×50 см в четырехкратной повторности. Почвы проанализированы на содержание органического углерода ($C_{орг.}$) по Тюрину; общего азота ($N_{общ.}$) – по Кьельдалю; pH водной суспензии ($pH_{вод.}$) – потенциометрическим методом; нитратного азота ($N\text{-}NO_3$) и легкоподвижного фосфора (P_2O_5) – по Карпинскому-Замятиной, обменного калия (K_2O) – по Масловой [9]. NPK в растениях определены методом мокрого озоления в смеси серной и хлорной кислот [10].

Обсуждение результатов. Агрохимический анализ почв экспериментальных площадок (табл. 1) показал, что участки 2-3 отличались более высоким уровнем плодородия в сравнении с участком 1.

Таблица 1

Агрохимические показатели почв* склоновых агроландшафтов (слой 0–20 см)

Почва	$pH_{вод.}$	$C_{орг.}$	$N_{общ.}$	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O
		%		мг/кг		
Участок № 1: Чернозем оподзоленный, склон южной экспозиции						
Несмытая	7.03	2.84	0.21	3.42	0.48	138
Слабосмытая	6.78	2.91	0.23	2.91	0.85	145
Среднесмытая	6.89	2.51	0.17	2.71	0.94	148
Сильносмытая	7.16	1.83	0.17	2.84	0.36	142
Участок № 2: Чернозем выщелоченный, склон юго-восточной экспозиции						
Несмытая	5.75	4.77	0.35	6.38	–	208
Слабосмытая	5.91	3.01	0.23	8.83	0.81	538
Участок № 3: Темно-серая лесная почва, склон северо-западной экспозиции						
Несмытая	5.78	3.48	0.22	5.79	1.25	263
Слабосмытая	5.64	2.51	0.16	5.24	0.32	141
Среднесмытая	5.18	2.18	0.15	4.64	0.53	154

* Показатели представлены в среднем за несколько лет наблюдений.

Содержание органического углерода и общего азота снижалось с усилением степени смытости почвы на всех участках. Содержание нитратного азота было низким на всех участках, с наименьшими значениями в черноземе оподзоленном участка 1. Обеспеченность всех почв легкоподвижным фосфором и обменным калием варьировала в пределах от среднего до высокого. Содержание фосфора в смытом черноземе оподзоленном нарастало с увеличением степени смытости от слабо- к среднесмытой, однако в сильносмытой почве резко снижалось. В смытых темно-серых лесных почвах содержание фосфора изменялось аналогично. Содержание обменного калия в смытых оподзоленных черноземах и темно-серых лесных почвах нарастало, повторяя ситуацию с легкоподвижным фосфором. Снижение или возрастание содержания подвижных форм фосфора и калия в слое 0–20 см смытых почв было связано со спецификой распределения этих соединений по профилю и вовлечением в пахотный слой нижележащих горизонтов в результате эрозии. Реакция среды в несмытой темно-серой лесной почве была близкой к нейтральной и снижалась с усилением степени смытости. В черноземах реакция среды оставалась близкой к нейтральной независимо от степени смытости.

Наибольшая урожайность (табл. 2) была получена на участках 2 и 3, где на несмытых почвах склона обеих экспозиций она составила 406–426 г/м², что соответствует высокой урожайности в среднем по региону.

Таблица 2

Структура урожая яровой пшеницы и содержание NPK в зерне и соломе в почвах склоновых агроландшафтов

Почва	Масса снопа, г/м^2	Масса зерна в снопе, г/м^2	Масса 1000 зерен, г	Содержание макроэлементов в зерне (над чертой) и соломе (под чертой) пшеницы, % на сухую массу		
				N	P	K
Участок №1: склон южной экспозиции, 2010 г.						
Чоп несмытый	127 ± 53	52 ± 16	-	0.97 ± 0.08 0.26 ± 0.05	0.49 ± 0.01 0.12 ± 0.02	0.41 ± 0.04 0.74 ± 0.05
Чоп слабосмытый	220 ± 49	77 ± 27	-	1.01 ± 0.10 0.27 ± 0.05	0.50 ± 0.02 0.16 ± 0.02	0.40 ± 0.04 0.80 ± 0.13
Чоп среднесмытый	262 ± 47*	96 ± 12	-	0.90 ± 0.07 0.29 ± 0.04	0.49 ± 0.02 0.14 ± 0.01	0.41 ± 0.05 0.85 ± 0.06
Чоп сильносмытый	63 ± 13	29 ± 11	-	0.87 ± 0.11 0.26 ± 0.05	0.48 ± 0.01 0.15 ± 0.02	0.47 ± 0.04 1.01± 0.07*
Участок № 1: склон южной экспозиции, 2014 г.						
Чоп несмытый	479 ± 27	196 ± 14	30.6 ± 0.9	0.94 ± 0.16 0.17 ± 0.02	0.38 ± 0.01 0.05 ± 0.01	0.41 ± 0.02 0.96 ± 0.09
Чоп слабосмытый	366 ± 44	166 ± 27	40.5 ± 0.8*	1.15 ± 0.20 0.23 ± 0.04	0.42 ± 0.01* 0.10 ± 0.01*	0.43 ± 0.02 1.38± 0.13*
Чоп среднесмытый	433 ± 140	207 ± 72	37.0 ± 1,2*	0.93 ± 0.28 0.21 ± 0.04	0.41 ± 0.01 0.13 ± 0.02*	0.47± 0.03* 1.19± 0.09
Чоп сильносмытый	382 ± 11	165 ± 16	34.2 ± 2.4	1.20 ± 0.05 0.29± 0.05*	0.39 ± 0.01 0.10 ± 0.02*	0.41 ± 0.02 0.91 ± 0.09
Участок № 2: склон юго-восточной экспозиции, 2011 г.						
Чв несмытый	1005 ± 146	406 ± 69	39.5 ± 1,6	1.01 ± 0.11 0.22 ± 0.03	0.39 ± 0.01 0.06 ± 0.02	0.41 ± 0.07 0.89 ± 0.16
Чв слабосмытый	885 ± 164	343 ± 52	37.8 ± 1,0	1.05 ± 0.09 0.27 ± 0.04	0.39 ± 0.02 0.05 ± 0.01	0.41 ± 0.05 1.13 ± 0.16
Участок №и3: склон северо-западной экспозиции, 2011 г.						
СЛ^т несмытая	1013 ± 100	426 ± 50	40.3 ± 1,5	1.27 ± 0.15 0.34 ± 0.08	0.37 ± 0.02 0.05 ± 0.01	0.41 ± 0.03 1.03 ± 0.22
СЛ^т слабосмытая	356 ± 67*	112 ± 30*	29.7 ± 2,8*	1.38 ± 0.24 0.35 ± 0.06	0.32 ± 0.03 0.04 ± 0.01	0.44 ± 0.03 0.79 ± 0.08
СЛ^т среднесмытая	306 ± 43*	111 ± 15*	30.8 ± 1,9*	1.32 ± 0.21 0.34 ± 0.08	0.35 ± 0.01 0.05 ± 0.01	0.50± 0.06* 0.87 ± 0.05

Примечание. Чоп – чернозем оподзоленный, Чв – чернозем выщелоченный, Чл – лугово-черноземная почва, СЛ^т – темно-серая лесная почва. Прочерк – данные отсутствуют. Представлены: среднее значение и стандартное отклонение (M±s). * – показатели, статистически значимо ($p<0.05$) отличающиеся от таковых на несмытой почве.

С увеличением степени смытости урожайность пшеницы снижалась, причем наиболее значительно на темно-серой лесной почве. Разница в урожайности по годам на участке 1 определялась различными погодными условиями вегетационного сезона. Максимальные показатели массы снопа и зерна пшеницы в снопе были получены на черноземе оподзоленном слабо- и среднесмытом, минимальные – на сильносмытом.

На почвах всех участков показатель массы 1000 зерен относился к группе с высокой массой. На черноземе оподзоленном (участок 1) масса 1000 зерен была существенно выше на слабо- и среднесмытой почвах в сравнении с несмытой. На темно-серой лесной почве (участок 3) максимальные значения массы 1000 зерен были получены на несмытой почве, на слабо- и среднесмытой почвах этот показатель значительно снизился.

В сравнении с литературными данными [11–12] содержание азота в зерне и соломе на почвах трех участков было низким независимо от степени смытости (табл. 2). Содержание фосфора в зерне пшеницы на несмытой и смытых почвах участка 1 находилось в оптимальных пределах, в соломе – выше средних значений. На участках 2-3 содержание фосфора в зерне пшеницы как на несмытых, так и смытых почвах также было оптимальным, в соломе – ниже средних величин. Содержание калия как в зерне, так и в соломе пшеницы на несмытых и смытых почвах трех участков было ниже средних значений.

Выводы:

1. Плодородие почв полярных экспозиций склона значительно различается. Содержание валовых и подвижных форм элементов минерального питания растений в почвах северо-западной экспозиции склона ниже в сравнении с юго-восточной. С усилением степени смытости почв (от слабо- к среднесмытым) на теплой экспозиции содержание подвижных форм элементов питания растет, на холодной – снижается.

2. Наибольшая урожайность яровой пшеницы была получена на черноземе выщелоченном и темно-серой лесной, где на несмытых почвах полярных экспозиций она достигала 40–42 ц/га. С увеличением степени смытости почв урожайность пшеницы снижалась и наиболее значительно на темно-серой лесной почве. На черноземе оподзоленном наибольший показатель урожайности был зафиксирован на среднесмытой почве.

3. На почвах всех участков показатель массы 1000 зерен относился к группе с высокой массой. На слабо- и среднесмытом черноземе оподзоленном этот показатель возрос, тогда как на слабо- и среднесмытой темно-серой лесной почве, наоборот, снизился в сравнении с несмытыми почвами. Содержание азота в зерне яровой пшеницы было низким, фосфора – оптимальным, калия – ниже средних величин.

Литература

1. Гаевая Э.А, Мищенко А.Е., Кисс Н.Н., Сафонова И.В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в севооборотах на эрозионно-опасных склонах Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2012. № 6. С. 42–47.
2. Абдулвалеев Р.Р., Троц В.Б. Рельеф поля и продуктивность яровой пшеницы // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2015. № 9-1. С. 85–87.
3. Долгополова Н.В. Рост и развитие пшеницы в зависимости от экспозиции склона в условиях Курской области // Вестник Курской Государственной Сельскохозяйственной Академии. 2015. № 9. С. 60–67.
4. Митрохина О.А. Влияние экспозиций склонов на особенности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов научно-практической конференции. 2016. С. 208–209.
5. Едимеичев Ю.Ф., Шпедт А.А. Моделирование продуктивности яровой пшеницы в агроландшафтах Красноярского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 2 (249). С. 5–12.
6. Танасиенко А.А. Эродированные черноземы юга Западной Сибири. Новосибирск, 1992. 150 с.
7. Якутина О.П., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В. Изменение плодородия эродированных черноземных почв юга Западной Сибири в зависимости от экспозиции склона // Плодородие. № 5. 2017. С. 39–41.
8. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
9. Агрохимические методы исследования почв. М: Наука, 1975. 656 с.
10. Гинзбург К.Е., Щеглова Г.М., Вульфиус Е.В. Ускоренный метод сжигания почв и растений // Почвоведение. 1963. № 5. С. 89–96.
11. Плотников А.М., Иванюшин Е.А., Агрохимия: методические указания для лабораторно-практических занятий. Лесниково: КГСХА, 2014. 76 с.
12. Власенко А.Н., Шарков И.Н., Иодко Л.Н. Эффективность технологий и воспроизводство плодородия черноземов лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2005. № 5. С. 16–19.

YIELD STRUCTURE, NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM CONTENT IN MARKKETABLE PRODUCTS OF SPRING WHEAT AT SLOPES OF AGRO-LANDSCAPES IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

O.P. Yakutina, T.B. Nechaeva, N.B. Smirnova

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, oyakutina@yandex.ru

Summary. *Yield structure, nitrogen, phosphorus and potassium content in grain and straw, grown on slopes with opposite directions of two, the most erosion-dangerous areas of Novosibirsk region have been studied. It was showed, that maximal wheat productivity was obtained on non-eroded Haplic chernozems and Luvic Phaeozem. Decreasing of soil erosion degree leaded to decrease of structure indicators and the most significantly on soils with north-western slope direction.*

Keywords: *mass of sheaf, mass of grain in shelf, mass of 1000 grains, nitrogen, phosphorus and potassium content in grain and straw, spring wheat, eroded soils, Western Siberia.*

СЕКЦИЯ 4.
ПОЧВЕННО-ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

УДК 631.432+550.837.3:550.822.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЧВ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 0,4–10,0 МГЦ

Ч.Г. Гюлалыев

Институт географии НАН Азербайджана, Баку, ch_gulaliyev@yahoo.com

Аннотация. *В работе содержатся результаты экспериментальных исследований зависимости диэлектрической проницаемости некоторых почв Азербайджана в диапазоне частот 0,4-10,0 МГц электромагнитного поля. Исследования выполнялись посредством моста переменного тока Л2-7, температурная стабилизация проводилась с помощью ультратермостата УТ-15 при этом был использован измерительный конденсатор специальной конструкции с термостатирующим устройством. На основании указанных исследований углублены теоретические представления о диэлектрических свойствах почвы. Выявлено, что наиболее резкое изменение диэлектрической проницаемости почв наблюдается на низкочастотном участке электромагнитного поля.*

Ключевые слова: *конденсатор, переменный ток, почва, электромагнитное поле, частота, делькометрия, температура, мост переменного тока, гранулометрический состав.*

Актуальность. Для определения влажности почвы более перспективным является делькометрический метод определения влажности, не получивший широкого распространения в агрометеорологических наблюдениях из-за недостаточной изученности диэлектрической проницаемости почв в диапазоне частот электрического поля.

На диэлектрическую проницаемость почвы существенное влияние оказывает частота электрического поля, влажность, объемная масса, температура, гранулометрический и солевой составы. Между тем сведений о таком влиянии в литературе содержится недостаточно, их появление носит эпизодический характер [1, 2, 3].

Объекты и методы исследования. Объектами исследований служили три почвы (сероземно-луговые, пойменно луговые и солончак), широко распространенные в Кура-Араксинской низменности Азербайджанской Республики.

Диэлектрическая проницаемость определялась с помощью измерителя полных проводимостей типа Л2-7 на частотах 0,4-МГц и 10 МГц по разработанной ранее методике [1]. С помощью Л2-7 измеряется емкость конденсатора с измерительной ячейки, заполняемой образцом почвы при заданной влажности и объемной массе. Измерительная ячейка представляет собой цилиндрический коаксиальный конденсатор. В целях температурной стабилизации образца конденсатор был снабжен термостатирующим устройством, включенным во внешнюю цепь ультротермостата УТ-15.

Вакуумная емкость конденсатора определена расчетным способом. Диэлектрическая проницаемость вычислена как величина, равная отношению емкости конденсатора с образцом к его емкости в вакууме [2].

Проведены частотные характеристики диэлектрической проницаемости (ε') почв при влажностях 10%, одинаковом объемном весе 1,3 г/см^3 и в температуре 20 ^{0}С.

Исследованные почвы заметно отличаются по гранулометрическому составу (табл. 1), но все же по всем разрезам гранулометрический состав почв в целом средне и тяжелосуглинистый, лишь иногда встречаются легкоглинистые. Содержание ила и физической глины изменяется в широких переделах.

По количеству легкорастворимых солей исследуемые почвы располагаются в следующем убывающем ряду: солончак, сероземно-луговые, пойменно-луговые (табл. 2).

Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, что сероземно-луговые почвы изученных районов характеризуются преобладанием иловато-пылеватой фракции в верхнем метровом слое, а в нижних горизонтах доминируют песчано-пылеватые фракции. Из морфологического описания почвы имеют комковато-глыбистую структуру в верхних аккумулятивных горизонтах, которая вниз по профилю постепенно утрачивается.

Таблица 1

Гранулометрический состав почв

Глубина, см	Содержание фракций в % от веса сухой почвы, мм						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
Сероземно-луговые							
0–23	14,0	0,37	22,62	5,65	25,05	32,31	63,01
23–41	14,0	1,26	23,75	13,53	11,51	35,95	60,99
41–72	16,1	6,15	26,45	10,10	17,37	23,83	51,30
72–96	17,1	7,17	26,45	10,50	16,56	22,22	49,28
96–115	16,4	34,25	13,66	6,33	6,11	23,25	35,69
Пойменно луговые							
0–22	15,0	6,03	8,89	13,33	23,63	33,12	70,08
22–41	16,0	1,12	13,20	16,36	18,99	34,33	69,68
41–52	12,0	1,36	9,29	16,16	23,22	37,97	77,35
52–76	14,80	9,47	11,10	17,78	16,15	30,70	64,63
76–82	13,30	0,24	18,55	7,75	27,13	33,03	67,91
82–115	14,50	0,07	20,00	18,70	10,58	36,15	65,43
Солончак							
0–12	16,70	9,31	24,32	12,26	12,89	24,52	49,67
12–35	17,7	5,76	22,21	11,31	17,57	25,45	54,33

Таблица 2

Анализ полной водной вытяжки почв (числитель процент, знаменатель мг-экв.)

Глубина, см	Плотный остаток, %	$CO_3^=$	$HCO_3^=$ проц Мг-экв.	Cl^- проц мг-экв.	$SO_4^=$ проц мг-экв	Сумма анионов Проц мг-экв	Ca^{++} проц мг-экв	Mg^{++} проц мг-экв	Сумма клатионов проц мг-экв.	Na проц мг-экв	Сумма солей проц. мг-экв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сероземно-луговые											
0–23	0,26	нет	0,05 0,80	0,05 1,46	0,09 1,94	0,19 4,20	0,02 1,14	0,00 0,73	0,03 1,84	0,06 2,42	0,28 8,40
23–41	1,422	–	0,37 0,60	0,35 10,00	0,59 12,20	0,97 22,80	0,18 9,20	0,05 3,80	0,23 13,0	0,23 9,80	1,43 45,60
41–72	0,560	–	0,02 0,64	0,05 1,50	0,35 7,29	0,44 9,43	0,07 5,60	0,03 2,70	0,14 8,30	0,03 1,13	0,57 18,86
72–96	0,328	–	0,04 0,64	0,05 1,38	0.17 3,50	0,26 5,52	0,03 2,10	0,02 1,60	0,04 3,70	0,04 1,82	0,34 11,04
96–117	0,612	–	0,42 0,68	0,05 1,38	0,40 8,27	0,49 10,33	0,06 5,20	0,04 3,30	0,10 8,50	0,04 1,83	0,63 20,66
Пойменно-луговые											
0–22	0,098	–	0,04 0,64	0,02 0,52	0,02 0,50	0,08 1,66	0,01 0,30	0,01 0,40	0,01 0,70	0,02 0,96	0,12 3,32
22–41	0,099		0,04 0,64	0,01 0,32	0,03 0.67	0,08 1,63	0,01 0,50	0,01 0,40	0,02 0,90	0,02 0,70	0,114 3,26
41–52	0,148		0,05 0,80	0,02 0,60	0,05 1,10	0,12 2,50	0,01 0,60	0,01 0,70	0,02 1,30	0,03 1,20	0,17 5,00
52–76	0,156	нет	0,05 0,80	0,01 0,32	0,07 1,37	0,13 2,49	0,02 0,80	0,01 0,70	0,02 0,50	0,02 0,99	0,17 4,98
76–82	0,110	–	0,04 0,68	0,01 0,40	0,04 0,73	0,09 1,81	0,01 0,40	0,01 0,40	0,01 0,80	0,02 1,01	0,13 3,62
82–115	0,140	–	0,04 0,68	0,02 0,52	0,05 1,12	0,12 2,32	0,01 0,60	0,01 0,70	0,02 1,30	0,02 1,02	0,16 4,64
Солончак											
0–12	2,580	–	0,02 0,40	1,13 32,40	0,54 11,18	1,70 43,98	0,16 8,20	0,12 9,70	0,28 17,90	0,60 26,08	2,58 88,00
12–35	3,536	–	0,03 0,52	1,22 34,91	1,11 23,13	2,36 58,5	0,28 14,20	0,14 11,30	0,42 25,5	0,759 33,01	3,541 117,0

Содержание гумуса незначительно около 2,24%, вниз до материнской породы приближается к 0,3–0,2% и меньше. Содержание солей в верхних слоях почв ничтожное, но постепенно повышается вниз по почвенному профилю. В целом почвы относятся к незасоленным, но встречаются и засоленные.

Обсуждение результатов. Влажную почву можно рассматривать как неоднородный диэлектрик, обладающий значительной ионной проводимостью. Из теории диэлектриков вытекает, что в таком случае следует ожидать проявления частотной дисперсии его электрических параметров. На характер частотной дисперсии электрических свойств почв определенное влияние оказывает также их минералогический состав и структурные особенности. Частотные зависимости диэлектрической проницаемости *(έ)* почвы представлены на рис. 1.

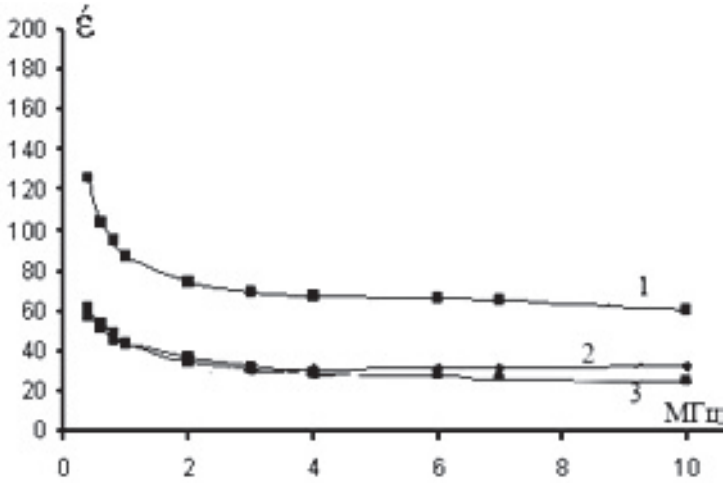


Рис. 1. Зависимость диэлектрической проницаемости (1 – солончак;
2 – сероземно-луговые; 3 – пойменно-луговые) почв от частоты электрического поля, МГЦ

Как показывает практика, при распространении в диэлектрике электромагнитной волны диэлектрическая проницаемость материала обратно пропорциональна частоте, т.е. с ростом частоты *έ* уменьшается. В нашем эксперименте тоже наблюдается такая закономерность. Из рисунка 1 видно что, с повышением частоты *f* диэлектрическая проводимость почвы в низкочастотном интервале убывает сначала очень быстро, затем темп ее убывания заметно падает. При этом характеристики увеличения кривых *έ(f)* располагаются выше и в области низких частот идут круче. При больших частотах эта зависимость убывает медленно. Из графика видно, что у всех перечисленных почв в диапазоне частот от 0,4 до 10 МГц наблюдается четко выраженная частотная дисперсия диэлектрической проницаемости, у всех почв наклон кривых *έ(f)* достигает наибольшей величины в низкочастотном диапазоне, с увеличением частоты наклон становится меньшим. Интенсивность дисперсии диэлектрической проницаемости, по-видимому, определяется не только частотой, но и количественным соотношением между твердой и жидкой фракциями почвы.

Причиной дисперсии диэлектрической проницаемости является наличие приэлектродных двойных электрических слоев, отсутствующих в случае изолированных электродов. У частотных характеристик почв наблюдается значительный рост проводимости при малых частотах и замедление роста этой величины при увеличении *f*. Отмеченная выше закономерность изменения диэлектрической проницаемость с увеличением частоты не нарушается также в диапазоне частот до 10 МГц.

Кроме того, изменение вида кривых *έ(f)* при переходе от одной почвы к другой, сопровождается соответствующими изменениями. Указанную взаимосвязанность изменений диэлектрической проницаемости почвы с изменением частоты следовало ожидать, так как в формировании и той и другой зависимости лежит единый релаксационный процесс.

Кривые, отображающие частотную дисперсию диэлектрической проницаемости почвы имеют вид, типичный для релаксационных процессов и математически могут быть, описаны уравнениями аналогичными дебаевским [3].

Выводы. Обобщение полученных материалов по частотной зависимости позволило обширить некоторые представления о природе диэлектрических свойств почвы, в том числе и о природе частотной дисперсии. Все изменения диэлектрической проницаемости исследуемых почв обусловлены частотой электрического поля. Поэтому при интерпретации почвы диэлектрическим методом необходимо учитывать возможности дисперсии.

Литература

1. Поздняков А.И., Гюлалыев Ч.Г. Диэлектрические свойства некоторых почв. Москва; Баку, 2004, 240 с.

2. Троицкий Н.Б., Герайзаде А.П., Гюлалыев Ч.Г. Зависимость диэлектрической проницаемости почвы от влажности. Доклады ВАСХНИЛ. М., 1986. № 7. С. 39–41.

3. Зависимость диэлектрической проницаемости связанной воды в почвах от ее количества // Беляева Т.А., Бобров П.П., Ивченко О.А., Мандрыгина В.Н. URL: http://www.iki.rssi.ru/earth/articles06/vol2-281-286.pdf (Дата обращения: 24.10.2017).

RESEARCH OF DIELECTRIC PERMEABILITY SOIL IN THE RANGE OF FREQUENCY 0.4 – 10.0 MHz

Ch.G. Gulaliyev

Institute of Geography of the NAS of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, ch_gulaliyev@yahoo.com

Summary. *The paper contains the results of experimental studies of the dependence of the permittivity of some soils in Azerbaijan in the frequency range of 0.4-10 MHz of the electromagnetic field. The investigations were carried out by means of an variable bridge L2-7, the temperature stabilization was carried out with the help of the UT-15 ultrathermostat, while a special-purpose measuring capacitor with a thermostatic device was used. On the basis of these studies, theoretical ideas on the dielectric properties of the soil are deepened. It was revealed that the sharpest change in the dielectric permittivity of soils is observed at the low-frequency section of the electromagnetic field.*

Keywords: *capacitor, alternating current, soil, electromagnetic field, frequency, delicometry, temperature, variable bridge, particle size distribution.*

УДК 631.6:436

К ПРОБЛЕМЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

А.М. Джафаров, А.П. Герайзаде, С.А. Кочарли

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, Баку, alicafarov1959@mail.ru

Аннотация. *В представленной статье расматривается механизм основных теплообменных процессов, общей и сложной дисперсной системы, которой является почва. На примере этого многофазного материала проведем анализ основных явлений теплопередачи.*
Ключевые слова: *рентабельное ведение хозяйства, почва, климат, теплофизическая характеристика (тфх).*

Введение. В отличие от твердых тел, теплофизические характеристики (тфх) которых формируются под влиянием одного единственного процесса – кондуктивной теплопроводности, на величины тфх дисперсных материалов оказывает ряд протекающих в них тепловых процессов. Это различие и создает эффективность характера тфх дисперсных материалов под воздействием четырех процессов: 1) кондуктивный теплопроводности; 2) конверция газа и жидкости; 3) излучение газа; 4) переноса влаги.

Объект и методика исследований. Рентабельное ведение сельского хозяйства требует оптимального использования климатических ресурсов региона. В качестве объекта исследования были выбраны сероземно-луговые почвы Муганской степи по сезонам года. Исследования температурного режима проводились по сезонам года под основными культурами региона на пяти стационаров севооборота и целины до глубины 1 м.

Результаты и их обсуждение. По климату исследуемая степь относиться к сухим субтропикам, характеризуясь скудным увлажнением, мягкой зимой и жарким летом. Среднегодовая температура воздуха 14,1 ºС, средняя температура самого жаркого месяца (июль) 26,2ºС, а холодного (январь) – 1,4 ºС. Средняя относительная влажность воздуха 74%. В течение года влажность изменяется в пределах 60-86%. Годовое количество осадков на территории тестовых участков составляет 290 мм, основное количество которых выпадает зимой и весной, Испаряемость с поверхности почвы около 900-1000 мм. В естественных условиях все биологические процессы, в том числе и почвообразовательный, происходят при значительном дефиците влаги, способствующей интенсивной минерализации органических веществ, высокой карбонатности, засоленности и т.д. Динамичность температурного режима почв, тесно связанная с температурой воздуха, рельефом поверхности, химическими и водно-физическими свойствами почв, зависит также и от растительного покрова. Для того чтобы оценить влияние конкретной культуры, одновременно изучалась динамика температурного режима и на участке, который длительное время не использовался в сельскохозяйственных целей (контроль). В зимний период на контрольном участке температура поверхности почвы в основном составляла величину порядка 4–5,4ºС, иногда опускаясь до 0ºС. С глубиной температура почвенного профиля увеличивалась и в метровом слое достигала величины 8,8–9,6ºС. Весной температура поверхности почвы возрастала и достигала 17,5–20ºС. В летний период под влиянием обильного солнечного излучения происходит затухание многих биологических процессов, в том числе прекращается вегетация основного естественного покрова. Солнечные лучи нагревают поверхность почвы до 50ºС и более. Превышается температура и более глубоких горизонтов, значительно иссушается метровый почвенный профиль. Осенью постепенно охлаждается воздух и почва, выпадающие осадки увлажняют ее верхние слои. В этот период температура метрового слоя изменяется в пределах 16,0–19,4ºС [1, 2, 5].

По сравнению с контрольным вариантом температурный режим сельскохозяйственных угодий зависит от режима орошения и фазы развития растения. Так, в поздне-осенний, зимний и ранневесенний периоды температура поля сельскохозяйственных угодий незначительно отличается от

контроля. В середине весеннего периода уже заметно сказывается влияние проводимых агротехнических мероприятий на температурный режим угодий, которое наблюдается в продолжение всего вегетационного периода. Наибольшие расхождения температуры соответствующих горизонтов почвенного профиля наблюдаются в летний период (около 20ºС). Следует отметить, что как в зимний, так и в летний периоды, температура сельскохозяйственных полей изменяется относительно в более узких пределах. Так, если в зимний период температура поверхности почвы на контроле изменялась от 4 до 5,4ºС, то на участке, используемом под люцерну, от 5,5 до 6,0ºС. Это особенно заметно в летний период, когда на контроле температура поверхности почвы варьирует в значительном интервале от 30 до 50ºС, а под люцерной 26,0–30,0ºС [2].

Для грубодисперсных материалов при не слишком высоких температурах и влажности, доминирующим является процесс теплопроводности, остальные процессы мало влияют на общий характер процесса теплопередачи. Это основное упрощение положено в основу построения методов изменения тфх дисперсных материалов.

Учитывая наличие многофазной почвы, можно понять, что теплообмен в самой промежуточной среде и на границах между ними осуществляется вдоль отдельной частицы-элемента твердого скелета почвы; передачи тепла от одной твердой частицы к соседней в местах их непосредственного контакта (кондуктивная теплопроводность); молекулярной теплопроводности в среде, заполняющей промежутки между почвенными частицами; темплопередачи на границах твердых частиц со средой; изменение от частицы к частице; конвекции газа и жидкости, содержащегося между частицами [3].

Составление, анализ и решение уравнения, учитывающего все виды теплопередачи, встречает большое затруднение математического и физического характера. В общем виде это уравнение для нестационарного режима при одномерном распределении тепла вдоль координаты X выглядит следующим образом:

$$-C\frac{\partial T}{\partial t}=\frac{\partial q}{\partial x} \tag{1}$$

т.е. теплосодержание в материале равно производной от общего теплового потока q равно сумме трех потоков $q_т.q_к.q_р$, обусловленных соответственно теплопроводностью, конвекцией и излучения

$$q = q_т.+ q_к.+ q_р \tag{2}$$

Исходные дифференцированные уравнения теплопроводности для сложных сред с учетом этих обстоятельств приобретает сложный вид:

$$C\frac{\partial T}{qt}=\frac{\partial}{\partial X}\left(\lambda\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\mathrm{E} \tag{3}$$

E – отражает наличие внутренних источников тепла.

Такую сложную систему как почва приходиться рассматривать как некоторое квазистационарное вещество, уравнение теплороводности для которого выводиться с учетом реальных особенностей почвы и путем введения в рассмотрения действующих внутренних источников тепла и эффективного характера тфх почвы. Это означает, что к почве формально применимы те же уравнения теплопроводности, что и к твердым телам с учетом усложнений вносимых этими обстоятельствами [3].

В качестве примера можно привести нахождение температурного поля во влажных материалов, в процессе их нагревания и охлаждения с учетом процессов испарения и конденсации внутри них и т.д.

Обменная теплоемкость численно равна количеству тепла, необходимому на нагревание или охлаждение единицы объема на 1ºС. Следовательно, эта величина характеризует интенсивность изменения температуры при его нагревании или охлаждении. Размерность: кал/см^3 или ккал/м^3. Другие две тфх тела характеризуют его с точки зрения быстроты выравнивания температуры и степени теплоаккумуляции. Такими величинами являются коэффициент температуропроводности и коэффициент теплопроводности. Их размерные соответственно к [см^3/сек и м^3/час] и в [кал/ см^2.сек$^{1/2}$.град$^{1/2}$ и ккал/м^2.сек$^{1/2}$.град$^{1/2}$].

Исходное дифференциальное уравнение эффективной теплопроводности можно рассмотреть путем учета всех видов теплопередачи (теплопроводности, конвекции и излучения) с тем, чтобы вывести уравнение – аналог уравнения (4)

$$\lambda\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \tag{4}$$

При $q_т. = q_р = 0$, поскольку $q_т = \lambda\frac{\alpha t}{\alpha x}$, уравнение 4 происходит в уравнение кондуктивной теплопроводности (4), которое для одномерного случая может быть написано в форме 5

$$K\frac{\alpha^{2}T}{\alpha X^{2}} = \frac{\alpha T}{\alpha t} \tag{5}$$

Здесь λ сохраняет прежнее значение коэффициента теплопроводности (именуемого часто кондуктивным).

Слагаемые $q_к$ и $q_р$ выражаются в форме сложная функция от параметров составных частей почвы и условий в которых и находится почва. Часто не представляется возможным в полной мере истолковать и математически записать выражения для $q_к$ и $q_р$. По аналогии с коэффициентом кондуктивности теплопроводности, коэффициент конвективной и радиационной теплопроводности можно представить

$$qk = \lambda k\frac{\partial T}{\partial X} \quad \text{и} \quad qp = \lambda p\frac{\partial T}{\partial X} \tag{6}$$

Величина $\lambda_к$ и $\lambda_р$ являются сложными функциями температуры. Вид этих функций зависит от величины температурного градиента в почве, характере его изменения и может быть раскрыт лишь в простейших случаях на основе опотных данных.

Рассматривая дифференцированное уравнение теплопроводности такой сложной дисперсной системы как почва, приходиться иметь дело с двух (сухой) и трех (влажный) фазной системы, состающей из системы, представляющего собой совокупность огромного количества твердых частиц разнообразной формы и размеров, разделенных между собой промежутками, заполненными газом и влагой, или тем и другим одновременно. В такой системе теплопередачи не ограничивается одной теплопроводностью, а складывается из трех одновременно действующих процессов – теплопроводностью, излучения и конвекции.

Выводы. Учитывая наличие многофазности почвы, легко понять, что теплообмен в промежуточной среде и на границах между ними, осуществляется посредством теплопроводности вдоль отдельных элементов твердой фазы почвы; передачи тепла посредством от одной частицы к соседней в местах их непосредственного контакта (кондуктивной теплопроводности; молекулярной теплопроводности в среде, заполняющей промежутки между частицами со средой, изменения от частицы к частице; конвекции газа и влаги, содержащихся между частицами).

Литература

1. Бабаев М.П. Орошаемые почвы Кура-Араксинской низменности и их производительная способность. Баку, 1984.

2. Гаджиев Г.А., Рагимов В.А. Климатическая характеристика административных районов Азербайджанской ССР. Баку, 1977. 269 с.

3. Герайзаде А.П. Преобразование энергии в системе почва-растение-атмосфера. Баку, 1989. С. 160.

4. Кочарли С.А. Водно-тепловой баланс и динамика почвенных процессов хлопково-люцернового севооборота в условиях Муганской степи: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Баку, 1983. 19 с.

5. Кочарли С.А., Мамедов Р.Г., Герайзаде А.П. Оптимизация почвенного климата и рационального использования его режимов в целях повышения плодородия почв в урожайности сельскохозяйственных культур в условиях Муганской степи. «Климат почв» сборник научных трудов. Пущино, 1985. С. 54–57.

6. Мамедов Р.Г. Агрофизическая характеристика почв Приараксинской полосы. Баку, 1970. С. 3–44.

TO THE PROBLEM OF RATIONAL USE OF THE SOIL COVER

A.M. Jafarov, A.P. Gerayzade, S.A. Kocharli

Institute of Soil Science and Agrochemistry of ANAS, Baku, alicafarov1959@mail.ru

Summary. *The paper deals with the processes affecting the efficiency of thermal physical characteristics in soils. In order to understand mechanism of the basic heat exchange processes in soils, it is proposed to examine the soil as a complex system in which all phenomena directly or indirectly depend on humidity and temperature. It is shown that sustainable management of the economy requires careful attention to the climatic conditions taking into account the specific agricultural land.*

Keywords: *profitable management of the economy, soil, climate, thermophysical characteristics (tphc).*

УДК 632.122.1:546.48:631.445.2

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И ИХ ПОСТУПЛЕНИЕ В ПРОДУКЦИЮ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

С.А. Доброхотов, Ф. Адимале, М.А. Ефремова

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,Санкт-Петербург, dobrohotov-s@mail.ru

Аннотация. *Почвы пригородных сельскохозяйственных угодий могут быть в значительной степени загрязнены тяжелыми металлами, что неблагоприятно сказывается на качестве овощной продукции и картофеля. Результаты полевого опыта на участке органического земледелия показали, что содержание Pb и Cd в растениях опыта оказалось выше установленных ПДК для овощных культур при сравнительно невысокой концентрации ТМ в подвижной форме в почве. Коэффициенты накопления Pb, Cd, Cu в растениях зависели от степени загрязнения почвы, вида культуры, её сорта и применяемой агротехники.*

Ключевые слова: *овощные культуры, свинец, кадмий, медь, почва.*

Исследования проб почв, отобранных в Пушкинском районе Санкт-Петербурга, показали повышенное содержание тяжелых металлов (ТМ) во многих образцах [1]. Предположили, что в почвах учебно-опытного сада СПбГАУ, расположенного на западной окраине города Пушкина, также повышено содержание ТМ, что может отразиться на качестве растительной продукции. В настоящее время это особенно актуально для хозяйств переходящих на органическое земледелие, которые не должны располагаться на загрязненных землях.

Участок органического земледелия (ОЗ) располагался в западной части сада, на площади 0,35 га, на удалении 120-200 м от Кузьминского шоссе, от которого он отделён садовыми ветрозащитными полосами (тополь, ива, черёмуха, боярышник и др. культурами).

Участок ОЗ начал использоваться для постановки модельного опыта по выращиванию сельскохозяйственных культур по органической технологии в 2011 году, после раскорчёвки в 2010 году посадок чёрной смородины. В 2010 содержался под чёрным паром [2].

Технология выращивания культур была общепринятая для Ленинградской области; основной упор сделали на использование приёмов биологизации. В 3-х севооборотах доля сидеральных культур, используемых в качестве зелёных удобрений, для мульчирования, приготовления компостов составляла 50%. Также для компостирования, 2 раза за сезон, с площади 320 м^2 скашивались растения козлятника восточного (выводное поле). Использовалась и зелёная масса с участка испытания сидеральных культур и семеноводства (480 м^2). В 2014 году овощные культуры располагались на разном удалении от шоссе (в пределах 150–200 м).

В 2014 году провели отбор проб почвы под тремя овощными культурами севооборота (капуста, свёкла, морковь) и картофелем. Образцы отбирались с помощью тростьевидного бура. Анализ почвы на содержание тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu) был проведен на кафедре почвоведения и агрохимии СПбГАУ на атомно-абсорбционном спектрометре АА-7000 G. Содержание тяжелых металлов в почве было определено в составе двух вытяжек: кислотной и ацетатно-аммонийной. Кислотная вытяжка была подготовлена при обработке почвы 5 М азотной кислотой в соотношении 1:20, концентрация в ней тяжелых металлов отражала их валовое содержание в почве. Концентрация ТМ в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера с pH 4,8 представляет их содержание в почве в подвижной форме. Осенью были отобраны образцы растений также для определения содержания в них ТМ. Средняя проба имела массу 1 кг. Растения были высушены до воздушно-сухого состояния, измельчены. К атомно-абсорбционной спектрометрии растительные пробы были подготовлены методом сырого озоления в смеси азотной и хлорной кислот (соотношение 4:1).

Результаты измерений показали неравномерное пространственное распределение ТМ в почве на участке органического земледелия [3]. Наиболее неравномерно оказались распределены в почве Cd и Cu. Наблюдалось превышение валового содержания Cd и Pb над ориентировочно-допустимой концентрацией этих элементов в почве.

Содержание ТМ в почве и овощной продукции приведено в табл. 1, поступление ТМ в овощную продукцию по вариантам опыта в табл. 2.

Таблица 1

Содержание тяжёлых металлов в почве и растениях на участке органического земледелия учебно-опытного сада СПбГАУ в 2014 году, мг/кг

Культура	Pb			Cu			Cd		
	валовое содерж.	подв. формы	расте-ния	валовое содерж.	подв. формы	расте-ния	валовое содерж.	подв. формы	растения
Капуста	55,22	0,48	2,57	16,38	0,88	2,72	2,33	0,66	1,72
Свёкла	132,3	0,48	6,10	31,35	0,76	2,01	2,64	0,54	1,12
Морковь	63,55	0,44	5,67	34,62	0,74	1,53	10,13	0,59	1,22
Картофель	77,85	–	3,97	55,45	–	13,87	5,59	–	7,06

Таблица 2

Содержание ТМ в продукции овощных культур по вариантам опыта, мг/кг

Сорт	Варианты	Pb	Cd	Cu
Капуста				
Престиж	сидерат (клевер)– фон	2,90±0,87	0,90±0,27	4,56±1,37
	фон +компост	1,59±0,48	3,97±1,19	3,80±1,14
	фон+компост+РК	2,90±0,87	1,42±0,43	1,28±0,38
	фон+компост+NPK	2,90±0,87	0,60±0,12	1,23±0,37
	среднее по опыту	2,57	1,70	2,71
Свекла				
Бордо 237	компост	6,78±2,03	0,98±0,29	1,54±0,46
	компост+азофоска	6,78±2,03	1,14±0,64	4,56±1,37
Двусемянная ТСХА	компост	6,50±1,95	0,60±0,18	0,28±0,08
	компост+азофоска	4,33±0,39	1,78±0,53	0,28±0,08
	среднее по опыту	6,09	1,12	1,66
Морковь				
Берликум роял	компост	6,78±2,03	1,39±0,42	2,29±0,69
	компост+азофоска	4,66±1,40	1,32±0,40	1,79±0,54
Нантская 4	компост	6,30±1,89	1,01±0,30	1,28±0,38
	компост+азофоска	4,96±0,59	1,17±0,35	0,78±0,24
	среднее по опыту	5,67	1,22	1,53

Содержание Pb и Cd в растениях опыта оказалось выше установленных ПДК для овощных культур (0,5 и 0,03 мг/кг соответственно). Содержание Cu во многих вариантах приблизилось к уровню ПДК (5,0 мг/кг), но не превысило. Свинец больше накапливался в корнеплодах, чем в капусте. Этот элемент плохо накапливается в надземной массе растений и после поглощения из почвы в основном остается в корнях. В корнеплодах свеклы и моркови его содержание в среднем оказалось в 2,2–2,4 раза больше, чем в капусте. Кадмий, являясь очень подвижным химическим элементом, легко переходит из корневой системы в надземные органы, его содержание в капусте в среднем в 1,5 раза больше, чем в корнеплодах. Медь также наиболее интенсивно накапливалась в капусте, чем в корнеплодах. Различие составило в среднем 1,7 раза.

В капусте минимальное содержание Pb отмечено в варианте с применением компоста. Свинец мог поглощаться органическим веществом обменно или химически с образованием комплексных соединений, становясь при этом недоступным для растений. Внесение минеральных удобрений увеличивало накопление Pb в капусте, возможно, по причине подкисления почвы, а, следовательно, увеличения подвижности свинца и доступности для растений.

Концентрация Cd и Cu в растениях капусты снижалось после применения минеральных удобрений.

Применение азофоски при выращивании моркови и свеклы привело к некоторому (несущественному) снижению содержания Pb в корнеплодах по сравнению с вариантом, в котором применялся только компост.

Поглощение корнеплодами Cd и Cu сильно зависело от сорта сельскохозяйственной культуры. При применении минеральных удобрений свекла сорта Двусемянная ТСХА существенно увеличивала накопление кадмия, а свекла сорта Бордо 237 увеличивала накопление меди, значительно превосходя по этому параметру сорт Двусемянная ТСХА.

Сортовые особенности накопления ТМ проявились и на моркови. Морковь сорта Берликум Роял значительно интенсивнее (почти в 2 раза), чем морковь сорта Нантская 4 накапливала медь и несущественно больше кадмий.

Применение азофоски при выращивании моркови обоих сортов способствовало снижению накопления меди в растениях.

Нами рассчитаны коэффициенты накопления (КН) тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах. КН – это соотношение концентрации ТМ в абсолютно-сухой массе растения и почвы (рис. 1, 2, 3).

На рисунке 1 видно, что по величине коэффициента накопления тяжелых металлов в капусте изучаемые химические элементы можно расположить в следующий ряд Cd>Cu>Pb. Внесение компоста по-разному влияло на КН тяжелых металлов: КН Pb практически не изменился, КН Cu несколько снизился, а КН Cd существенно возрос, что может быть отражением химического состава компоста, т.е. содержания в нем ТМ.

Применение фосфорно-калийных удобрений способствовало заметному снижению КН Cd (в 4 раза) и Cu (в 3 раза). Это явление может быть связано с образованием нерастворимых фосфатов этих металлов в почве, или с конкуренцией между калием и ТМ за места сорбции при переходе из почвы в растения.

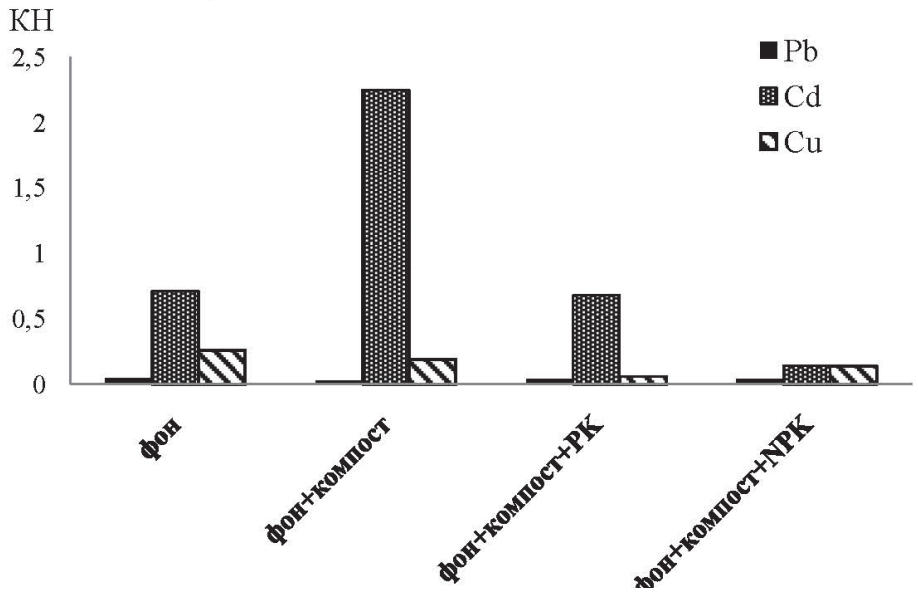


Рис. 1. КН тяжелых металлов в капусте

Добавка азотных удобрений под капусту привела к дальнейшему снижению накопления Cd, однако накопление капустой меди возросло.

Согласно полученным данным максимальные КН тяжелых металлов в свекле получены в основном для кадмия (рис. 2). Сорт Бордо 237 накапливал ТМ более интенсивно и при этом избирательно поглощал медь.

Азофоска способствовала снижению КН Pb и Cu в моркови обоих сортов (рис. 3), а также накоплению Cd в позднеспелом сорте Берликум Роял. В скороспелом сорте моркови Нантская 4 КН этого металла под действием азофоски возрастал. Выращенная на компосте без минеральных удобрений морковь сорта Нантская 4 накапливала больше свинца, чем кадмия. Таким образом, КН тяжелых металлов в корнеплодах можно расположить в следующие ряды (по уменьшению величины КН):

Cd>Pb>Cu или Pb>Cd>Cu.

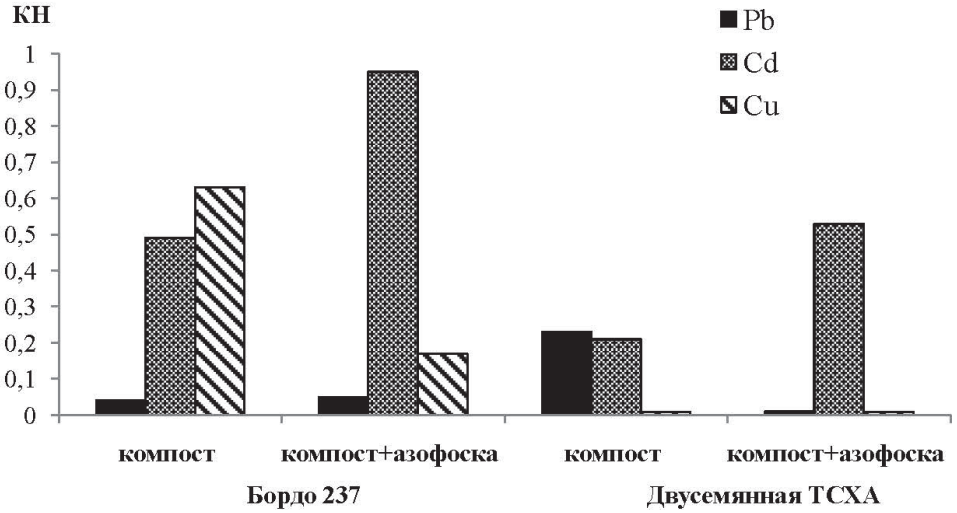


Рис. 2. КН тяжелых металлов в свёкле

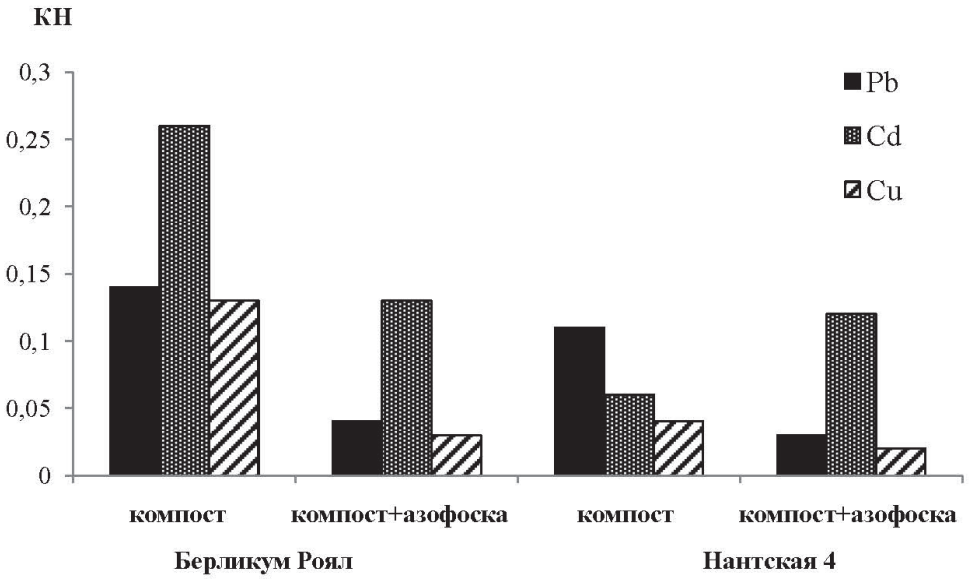


Рис. 3. КН тяжелых металлов в моркови

Перемена мест членов ряда может быть связана с сортовыми особенностями, неоднородностью геохимических условий произрастания растений на опытном участке.

Чтобы ограничить поступление ТМ из почвы в 2015 году провели ряд мероприятий, направленных на снижение поступления их в продукцию. Отступление от этих приёмов в 2016 году привело опять к повышению содержания ТМ в овощной продукции. Повышенное содержание ТМ в почве, как правило, приводит к большему их поступлению в продукцию, что согласуется с данными других исследователей [4]. Поэтому специальные приёмы, например известкование, уменьшают накопление ТМ из почвы в растениях [5]. Органы сертификации, контролирующие переход хозяйств на органическое земледелие, должны проверять участки на содержание ТМ в почве, чтобы поступление ТМ в продукцию не превышало ПДК. Ведение сельского хозяйства на сильно загрязнённых землях должно быть запрещено. Необходимо проводить мероприятия по «оздоровлению» земель.

Литература

1. Мельников С.П., Марцун Е.В Соединения тяжёлых металлов в урбаноземах Пушкинского района Санкт-Петербург // Известия Санкт-Петербургского государственного университета. 2015. № 39. С. 119–124.

2. Доброхотов С.А. Моделирование выращивания сельскохозяйственных культур по органической технологии и защита растений от вредителей, болезней, сорняков // Сборник. Материалы 7-й конференции «Анапа-2012». Перспективы использования новых форм удобрений, средств защиты растений и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур 4-8 июня 2012 г. С. 48–51.

3. Ефремова М.А., Доброхотов С.А., Адимале Ф. Пространственное распределение Pb, Cu, Cd в дерново-подзолистой почве на участке органического земледелия // Сб. статей «Гумус и почвообразование». 2017. № 21. С. 5–10.

4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.

5. Овчаренко М.М. Тяжёлые металлы в системе: почва-растение-удобрение: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М.: ВИУА, 2005. 56 с.

CONTENT OF HEAVY METALS IN THE SOIL AND THEIR UPTAKE BY VEGETABLE CULTURES

S.A. Dobrokhotov, F. Adimale, M.A. Efremova

FSBEI HE «Saint-Petersburg State Agrarian University», Saint-Petersburg, dobrohotov-s@mail.ru

Summary. *Suburban agricultural soils can be heavily contaminated with heavy metals, which adversely affects the quality of vegetables and potatoes. The results of the field experiment in the area of organic farming showed that the content of Pb and Cd in the plants was higher than the established standards for vegetable crops despite the relatively low concentration of TM in mobile form in the soil. The accumulation factors of Pb, Cd, Cu in plants depended on the degree of soil contamination, the type of culture, its varieties and applied agricultural machinery.*

Keywords: *vegetable crops, potatoes, lead, cadmium, copper, soil.*

УДК 631.4

ОЦЕНКА СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ ПРОРОСТКОВ ОДНОЛЕТНИХ И МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ПРИ ХЛОРИДНО-СУЛЬФАТНОМ ХИМИЗМЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ЗАСОЛЕННОГО ОБЫКНОВЕННОГО ЧЕРНОЗЁМА

Р.И. Зайцева[1], В.В. Чумакова[2], А.Б. Володин[2], В.В. Кравцов[2], В.Ф. Чумаков[2], Н.С. Лебедева[2]

[1] Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, elrish@yandex.ru
[2] Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Ставропольский край, Михайловск

Аннотация. *Приведены результаты изучения солеустойчивости 11 сортов однолетних и многолетних трав селекции Ставропольского НИИСХ. Химизм засоления почвы в вариантах – хлоридно-сульфатный, натриевый; степень засоления в диапазоне 0,1 – 1,5%. Увлажнение почвы было близко к оптимальному в интервале НВ – ВРК. Получены параметры уравнений регрессии y = a – bx для зависимости высоты 10-дневных проростков (Н, мм) от осмотического давления почвенного раствора (–Р , атм) с доверительной вероятностью 0,95. По величине критического осмотического P_0, при котором семена всходов не дали (Н=0), обнаружены различия в уровнях солеустойчивости исследованных сортов однолетних и многолетних трав.*

Ключевые слова: *сельскохозяйственные культуры, травы, сорт, солеустойчивость, почва, засоление, почвенный раствор, осмотическое давление.*

Культивирование солеустойчивых видов и сортов сельскохозяйственных культур является одним из приемов рационального использования засоленных почв. Известны градации многолетних трав по их реакции на засоление для условий засушливой степи в Барабинской низменности, в которых критерием солеустойчивости является показатель снижения урожая сухой массы многолетних трав в полевом или вегетационном опыте. [1, 2]. Необходимым условием для диагностики этого свойства является создание фона засоления, поскольку уровень солеустойчивости закреплен генетически и проявляется при действии этого фактора [3]. В Ставропольском крае площадь засоленных почв под сенокосами составляет 41 371 га, пастбищами занято 676 542 га [4]. Для восстановления и улучшения малопродуктивных деградированных засоленных естественных кормовых угодий необходимо иметь широкий набор сортов многолетних трав [5].

Объектами нашего исследования стали новые перспективные сорта кормовых растений селекции Ставропольского НИИСХ. Список этих культур представлен в таблице. Проростки выращивали на образцах искусственно засоленной почвы из пахотного горизонта чернозёма обыкновенного (Ставропольский край). Почва среднесуглинистая, содержит 3,1% гумуса, ЕКО составляет 28,8 ммоль-экв/100 г почвы; $pH_{водн}$ (1:2,5) = 6,4. МГ равна 8,4%. Семена раскладывали пинцетом в бюксы при влажности почвы 0,7 от ПВ (28%) и плотности 1,05–1,10 г/см^3. Были созданы «солевые» варианты по степени засоления при хлоридно-сульфатном типе засоления и соотношении Cl^-/SO_4^{2-} = 0,5 ммоль-экв/100 г почвы, ориентируясь на классификацию Н.В. Орловского [6]. Количество NaCl и Na_2SO_4 в сумме по вариантам составляло 0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 1,5% и им соответствовало осмотическое давление (–Р, атм) 4,8; 7,1; 11,4; 14,2; 17,8 и 23,2. Осмотическое давление определяли криоскопическим методом [7], измеряя понижение температуры замерзания раствора термометром Бекмана при оптимальном предпосевном увлажнении почвы. Соли были внесены в составе 5% растворов в процессе увлажнения. В контрольном варианте почву увлажняли $H_2O_{дист}$.

Семена проращивали в насыщенных водяным паром эксикаторах при комнатной температуре. Опыт длился в течение 9–12 дней. После срезки растений и измерения их длины находили медиану по вариантам как непараметрическое среднее. Связь длины проростков (Н, мм) с осмотическим давлением (–Р, атм) рассматривается как функция, вполне соответствующая стандартному распределению с постоянным средним. Для зависимостей длины проростков (Н, мм) от Р получены уравнения прямолинейной связи y = a – bx. Параметры этих уравнений приводятся в таблице. Сорта расположены сверху вниз в соответствии с убывающими

величинами показателя Р в последнем столбце таблицы. Минимальные критические значения P_0 были получены из уравнений и характеризуют губительное воздействие солей на ростовые процессы, при которых проростки не выходят на поверхность почвы (Н=0). В почве признаки прорастания семян могут оставаться. Показатель P_0 отражает степень относительной солеустойчивости сорта, и ошибка репрезентативности позволяет точнее сравнить между собой сорта по их устойчивости к засолению почвы (За статистический анализ опытных данных авторы выражают свою признательность доктору с.-х. наук А.С. Фриду). Дальнейший анализ состоит в нахождении объединенных ошибок двух средних, ошибок их разности, в определении критерия t и его сравнении с t_α-Сьюдента для проверки нулевой гипотезы при уровне значимости t_α 0,05 [8].

Параметры уравнений регрессии y = a – bx для зависимости длины проростков (Н, мм) от осмотического давления почвенного раствора (–Р, атм)

Кормовые растения	Сорт	n	Параметры уравнений			Критическое P_0, в отсутствие всходов (Н=0)	Максимальная длина растений в опыте (Н, мм)
			a±sa	b±sb	R^2		
Пайза*	Стапайз	8	122±8	4.3±0.7	0.85	28±5.2	110
Суданская трава*	Спутница	6	195±22	9.4±2.0	0.85	20.8±4.9	130
Чумиза*	Стачуми 3	7	95±8	5.2±1.0	0.84	18.2±3.9	80
Могар*	Стамога	6	126±17	8.4±2.1	0.84	15.1±4.3	80
Кострец безостый	СНИИСХ 83	6	170±22	12.4±2.9	0.82	13.7±3.7	130
Райграс	Ирина	7	148±20	11.5±2.9	0.76	12.9±3.7	125
Райграс	Витязь	6	205±13	16.5±1.8	0.95	12.4±2.0	140
Лён*	Микс	4	217±46	17.9±5.3	0.85	12.1±4.4	130
Райграс*	Близнец	7	195±21	16.2±3.0	0.85	12.0±3.8	150
Фестулолиум	Викнел	5	111±12	2.4±2.4	0.85	11.1±3.0	100
Овсяница луговая	Ставропольская – 20	6	133±10	13.4±1.7	0.94	9.9±1.5	110

* Однолетние культуры.

Наиболее солеустойчивой культурой оказалась пайза. Суданская трава, чумиза и могар образуют одну группу. Многолетние травы, за исключением овсяницы, и однолетний сорт «Близнец» райграса образовали следующую менее устойчивую к засолению группу. Могар может быть включен также и в группу многолетних трав. Фестулолиум и кострец находятся в одной группе. Кострец устойчивее овсяницы луговой. Лён, райграс «Близнец», фестулолиум и овсяница луговая образуют группу, более чувствительную к засолению.

Литература

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
2. Засоленные почвы России. М.: Академкнига, 2006. 857 с.
3. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) / под ред. Г.В. Удовенко. Л., 1988. С. 85–87.
4. Системы земледелия Ставрополья. Ставрополь, 2011. 1022 с.
5. Кирюшин В.И., Лузин А.Т. Шкала солеустойчивости сельскохозяйственных культур для условий засушливой степи Северного Казахстана // Кормопроизводство на севере Казахстана. Целиноград, 1974. С. 139–151.
6. Орловский Н.В., Кротова Е.А., Яцковская А.И. Подбор кормовых трав для засоленных земель Барабы // Почвоведение. 1939. № 10. С. 25–52.
7. Годунова Е.И., Желнакова Л.И., Зайцева Р.И., Кравцов В.В., Чумакова В.В. Солеустойчивость некоторых сортов кормовых трав при засолении почвы хлористым натрием // Материалы Всероссий-

ской научно-практической конференции «Почвоведение и агрохимия в XXI веке. К 160-летию В.В. Докучаева». СПб., 2006. С. 121–122.
8. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М., 1995. 320 с.

EVALUATION OF SALT TOLERANCE BY SPROUTS OF ANNUAL AND PERENNIAL GRASSES IN CHLORIDE-SULFATE CHEMISM OF EXPERIMENTALLY SALTED ORDINARY CHERNOZEM

R.I. Zaitseva[1], V.V. Chumakova[2], A.B. Volodin[2], V.V. Kravtsov[2], V.F. Chumakov[2], N.S. Lebedeva[2]

[1] V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, elrish@yandex.ru
[2]Stavropol Science Research Institute of Agriculture, Stavropol krai, Mikhailovsk

Summary. *In this article the authors present the results of a study of salt resistance by 11 varieties of annual and perennial grasses breeding of the Stavropol Science Research Institute of Agriculture. The chemism of soil salinization in variants – chloride-sulfate and sodium; degree of salinization in the range of 0.1-1.5%. Soil moisture was close to optimal in diapason: the least moisture capacity – moisture content at capiillary rupture. The parameters of the regression equations y = a – bx for the dependence of the height of 10-day sprouts (H, mm) on the osmotic pressure of the soil solution (–P, atm) with a confidence probability of 0.95 are obtained. By the value of critical osmotic P_0, at which seed germination was not given (H=0), differences in the levels of salt resistance of the studied varieties of annual and perennial grasses were found.*
Keywords: *crops, grasses, variety, salt resistance, soil, salinity, soil solution, osmotic pressure.*

УДК 550.424.4; 631.416.9

СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn и Zr В ПОЧВАХ ЮЖНОТАЕЖНОЙ КАТЕНЫ НА ДВУЧЛЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Н.С. Касимов, И.Н. Семенков, Е.Н. Асеева, О.А. Самонова, П.Р. Енчилик, А.Д. Иовчева, Е.В. Терская

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, polimail@inbox.ru

Аннотация. *В 2017 и 2018 гг. изучено радиальное и латеральное распределение макро- и микроэлементов в четырех разрезах подзолистых и дерново-подзолистых почв типичной для Центрально-Лесного заповедника катене. В 90 почвенных образцах измерены величина pH, содержание углерода органических веществ, макро- (Fe, Mn, Ti и Zr) и микроэлементов (Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, Zn и Zr), в том числе три подвижные формы металлов (обменная, комплексная и сорбированная гидроксидами Fe и Mn), а также исследован гранулометрический состав. В гумусовом горизонте подзолистых и дерново-подзолистых почв валовое содержание Fe составляет 1,2%, Ti – 0,33%, Mn – 482 мг/кг, Zr – 292 мг/кг, Sr – 90 мг/кг, Zn – 39 мг/кг, Cr – 21 мг/кг, Pb – 21 мг/кг, Ni – 9 мг/кг, Cu 8 – мг/кг. По содержанию подвижных форм металлы образуют ряд: обменные – Fe> Mn> Sr> Zn, Pb> Ti, Cr, Ni, Cu, Co, Zr, комплексные – Fe> Mn>> Ti, Zr, Pb> Co> Ni, Cu, Zn> Cr, Sr, сорбирвоанные гидроксидами Fe и Mn – Fe> Mn> Ti> Zn, Sr, Pb> Cr> Cu, Ni, Co> Zr. Во всех изученных подзолистых и дерново-подзолистых почвах валовое содержание Pb и Zr, обменных Co, Fe, Mn, Pb и Zn, комплексных – Cu, Fe, Pb и Zn, сорбированных гидроксидами Fe и Mn соединений Pb повышено в верхних горизонтах (гумусовом и подстилке). Пониженные содержания в элювиальном горизонте и/или повышенные в текстурном свойственны валовому содержанию Co, Fe, Ni, Sr и Zn, обменным Co, Cr, Cu, Mn, Pb, Zn и Zr, комплексным соединениям Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn и Zr, сорбированным гидроксидами Fe и Mn – Co, Cr, Cu, Ti, Zn и Zr. Валовое содержание всех изученных металлов увеличивается в гумусовом горизонте дерново-подзолистых почв склона катены. В гумусовом горизонте дерново-подзолистых почв подчиненных ландшафтов увеличивается содержание обменных Ni, Cu, Sr и Zr, комплексных соединений Ni, Cu и Zn и уменьшается концентрация обменных Co, Cr, Pb, Ti и Zn, комплексных соединений Co, Cr, Ti и сорбированных соединений Mn, Ni, Zn, Pb и Zr.*

Ключевые слова: *дерново-подзолистые почвы, тяжелые металлы, железо, марганец, геохимия ландшафтов.*

Введение. Оценке фонового состояния ландшафтов, осуществляющейся преимущественно в биосферных резерватах, уделяют особое внимание в международных программах по окружающей среде UNESCO и UNEP. Анализ геохимической структуры ландшафтов различного уровня является неотъемлемой частью фонового мониторинга, главным методом которого в настоящее время является катенарный, основанный на выявлении наиболее типичных объектов и изучении распределения химических соединений в их компонентах. На примере модельных катен, включающих наиболее распространенные элементарные ландшафты и их сопряжения, оценивают параметры радиального и латерального распределения элементов в различных блоках ландшафтов [1].

Распределение валового содержания элементов в почвах фоновых ландшафтов описано во многих исследованиях. В почвенно-геохимических работах результаты часто используемых химических методов экстракции интерпретируют с учетом физико-химических условий и представлений о поведении металлов в конкретной обстановке. Системное изучение уровней содержания подвижных B, Co, Cu, I, Mn и Mo выполнены на территории бывшего СССР [2–4 и др.]. Содержание специфически сорбированных соединений и валового содержания 50 элементов определено в верхнем пахотном горизонте почв Европы [5 и др.]. Наиболее детально охарактеризованы обменные и сорбированные соединения Cu, Ni, Pb, Zn, обменные Co и сорбированные Mn как микроэлементов и приоритетных загрязнителей в подзолистых,

дерново-подзолистых, серых лесных почвах и черноземах. Органоминеральные соединения металлов изучены слабо.

Латеральная дифференциация металлов изучена, преимущественно, в таежных, лесостепных и степных катенах [6–12 и др.]. Комплексно радиальная и латеральная почвенно-геохимическая структура изучена на примере трех ключевых участков в таежных катенах Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин [13].

Получение фундаментальных знаний о дифференциации форм Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn и Zr в почвах таежных катен необходимо для оценки миграции и аккумуляции элементов в природных и техногенных ландшафтах. Результаты исследования особенно важны в контексте экологического мониторинга окружающей среды города Москва.

Материалы и методы. В пределах Центрально-Лесного заповедника (Тверская область России) выбрана модельная катена с сопряженными южнотаежными ландшафтами смешанных хвойно-широколиственных лесов на подзолистых и дерново-подзолистых почвах, сформировавшихся на лессовидных суглинках, подстилаемых карбонатными средне-тяжелосуглинистыми валдайскими суглинками. Из 4 разрезов отобран 31 образец почв.

В Эколого-геохимическом центре географического факультета МГУ определяли величину pH в водной суспензии на pH-метре «Эксперт-pH» при постоянном помешивании, содержание углерода органических веществ методом И.В. Тюрина титриметрически с фенилантраниловой кислотой. В почвенных образцах выделяли формы тяжелых металлов методом параллельной экстракции. Соединения Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn и Zr экстрагировали в течение 18 ч тремя параллельными вытяжками: ацетатно-аммонийным буфером (ААБ) с pH 4,8 (соотношение почва:раствор 1:5), ААБ с 1% этилендиаминтетрауксусной (ЭДТА) кислотой (1:5) и 1н HNO3 (1:10). Комплексные соединения рассчитаны по разнице концентрации металлов в вытяжке ААБ с 1% ЭДТА и ААБ; сорбированные гидроксидами Fe и Mn – по разнице содержания в азотнокислой и ацетатно-аммонийной вытяжках. Содержание элементов определено масс-спектрометрически во Всероссийском институте анализа минерального сырья имени Н.М. Федоровского на приборе «Elan-6100» фирмы «Perkin-Elmer», США.

Региональная геохимическая специализация ландшафтов оценена путем сравнения валовых содержаний металлов в почвах с кларками вехней части континентальной коры (подстрочные индексы – кларки, мг/кг) в соответствии с рекомендациями [14]: Fe_{4100} Mn_{770} Sr_{270} Zr_{240} Cr_{92} Zn_{75} Ni_{50} Pb_{17} [15], Cu_{27} Co_{15} [16].

Результаты и обсуждение. Изученные почвы катены обладают всеми признаками и характеристиками, свойственными дерново-подзолистым и подзолистым почвам таежных ландшафтов Восточно-Европейской равнины: имеют суглинистый состав, элювиально-иллювиальное распределение величины pH; в них хорошо различимы элювиальный (A2) и текстурный (Bt) горизонты.

Во всех почвах хорошо выражена текстурная дифференциация профиля. По гранулометрическому составу они относятся к суглинистым: содержат более 10% частиц размером менее 10 мкм. Элювиальный горизонт обогащен пылеватыми фракциями. Почвы очень контрастно дифференцированы по содержанию илистой фракции, что обусловлено не только кислотным гидролизом, но и их развитием на двучленных отложениях. В изученных почвах велиична pH варьирует от 4,4 до 8,2, нейтральная и слабощелочная реакция которых обусловлена карбонатностью почвообразующих пород. Содержание углерода органических веществ в профилях почв резко падает с глубиной, что типично для почв таежной зоны [17].

Почвы южнотаежной катены содержат околокларковые уровни Mn, Pb, Ti и Zr и пониженные – Co, Cu, Fe и Zn (кларк рассеяния равен 2), Ni, Sr (3) и Cr (5), что, вероятно, объясняется их формированием на валдайских покровных суглинках, обедненных микроэлементами в результате седиментогенеза. Коэффициент вариации в пределах общей выборки данных составляет 24 – 48% для Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, Zr, повышаясь до 68% для Mn и понижаясь до 15% у Ti и Sr (таблица).

Содержание обменных соединений Co, Cr, Cu, Ni Sr, Zn соответствует разбросу средних значений, свойственному фоновым уровням для подзолистых и дерново-подзолистых почв

мира [18]. Повышенные значения обнаружены для Fe, Mn, Pb, что, вероятно, объясняется оглеенностью почв и переходом элементов с переменной валентностью в подвижную форму. По вариабельности содержания в общей для всех разрезов выборке металлы образуют следующий ряд: Mn (253%)> Ti, Zn (177–176) > Co, Sr, Pb, Zr, Fe (153–105) > Cu, Ni, Cr (74-64).

Содержание комплексных соединений большинства металлов (Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) соответствует литературным данным [18], Fe – превосходит типичные уровни, а Mn – ниже приводимого в опубликованных данных разброса. По вариабельности содержания этих соединений в выборке всех разрезов металлы образуют ряд: Cr(296), Sr(289), Zn(266)> Fe(158) > Ni(124), Pb(123), Cu(112), Mn(103) > Co(85), Zr(80), Ti(72).

Среднее валовое содержание металлов в горизонтах почв южнотаежной катены, мг/кг

Горизонт	Co	Cr	Cu	Fe*	Mn	Ni	Pb	Sr	Ti	Zn	Zr
A0	3,4 103	13 74	10 26	0,3 82	1756 66	7 51	22 77	49 35	773 112	81 49	72 130
A1	4,5 50	21 40	8 22	1,2 60	482 72	9 32	21 37	90 12	3345 15	39 39	292 39
A2	6,9 47	27 36	13 49	1,5 43	576 53	13 36	15 11	101 6	3488 7	37 23	347 37
Bt	8,4 20	38 27	19 18	1,5 23	685 30	20 26	15 8	99 12	3064 9	52 28	287 31
Cca	9,0 13	40 19	18 6	1,6 26	650 19	22 8	15 15	111 12	2733 6	60 13	211 25
Литературные данные [18]	3–23	5–140	5–60	0,8–4,6	100–2300	7–90	5–33	50–400	–	30–100	–

* в %. Числитель – среднее, знаменатель – коэффициент вариации.

Содержание сорбированных гидроксидами Fe и Mn соединений Cu, Mn, Ni, Pb, Sr соответствует разбросу средних значений, свойственному фоновым значениям [18]. Пониженные значения обнаружены для Co, Cr, Fe и Zn, что, вероятно, связано с развитием почв на валдайских суглинках, обедненных по валовому содержанию этими элементами. По вариабельности сорбированных содержаний в выборке всех разрезов металлы образуют ряд: Mn(Cv=138%), Sr(116) > Pb(93), Zn(87) > Co(74), Zr(69), Ni(63), Ti(60) > Fe, Cu(50) > Cr(39).

В верхних горизонтах (A0 и A1) изученных подзолистых и дерново-подзолистых почвах относительно почвообразующей породы повышено валовое содержание Pb и Zr, обменных соединений Co, Fe, Mn, Pb и Zn, комплексных – Cu, Fe, Pb и Zn, а также сорбированных гидроксидами Fe и Mn соединений Pb. Пониженное содержание в горизонте A2 и/или повышенное в Bt обнаружено для валового содержания Co, Fe, Ni, Sr и Zn, обменных Co, Cr, Cu, Mn, Pb, Zn и Zr, комплексных соединений Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn и Zr, а также сорбированных Co, Cr, Cu, Ti, Zn и Zr.

В латеральной дифференциации в гумусовом горизонте дерново-подзолистых почв южнотаежной катены повышено валовое содержание Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn и Zr. В гумусовом горизонте почв подчиненных ландшафтов (склона и днища временного водотока) повышено содержание обменных Ni, Cu, Sr и Zr, комплексных соединений Ni, Cu и Zn и понижено – обменных Co, Cr, Pb, Ti и Zn, комплексных – Cr, Ti и Co, а также сорбированных – Mn, Ni, Zn, Pb и Zr.

Исследование выполнено в рамках договора № 04/2017/РГО-РФФИ (проект 17-05-41036).

Литература

1. Касимов Н.С., Геннадиев А.Н. Геохимия ландшафтов и география почв: основные концепции и подходы // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2005. № 2. С. 10–17.

2. Этюды по биогеохимии элементов-биофилов. Новосибирск: Наука, 1977. 101 с.

3. Микроэлементы в почвах СССР. М.: МГУ, 1981. 252 с.

4. Микроэлементы в почвах Терско-Кумской низменности Дагестана. Махачкала: Дагестанский филиал АН СССР, 1981. 232 с.

5. Reimann C., Fabian K., Birke M., Filzmoser P. et al. GEMAS: Establishing geochemical background and threshold for 53 chemical elements in European agricultural soil. Applied Geochemistry. 2018. Vol. 88 (B). P. 302-318.

6. Касимов Н.С., Самонова О.А. Фоновая почвенно-геохимическая структура лесостепи Северного Казахстана // Почвоведение. 1989. № 4. С. 20–35.

7. Касимов Н.С., Самонова О.А., Асеева Е.Н. Фоновая почвенно-геохимическая структура лесостепи Приволжской возвышенности // Почвоведение. 1992. № 8. С. 5–22.

8. Ляшенко Е.А. Подвижные формы тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Cd) в почвах геохимических ландшафтов краснодарского края: дис. … канд. г. н. Ростов н/Д, 2009. 24 с.

9. Щеглов Д.И., Горбунова Н.С., Семенова Л.А., Хатунцева О.А. Микроэлементы в почвах сопряженных ландшафтов Каменной степи различной степени гидроморфизма // Почвоведение. 2013. № 3. С. 282–290.

10. Семенков И.Н., Асеева Е.Н., Терская Е.В. Геохимическая структура лесостепных катен балочного водосбора в бассейне р. Упа // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2013. № 6. С. 68–75.

11. Самонова О.А., Геннадиев А.Н., Кошовский Т.С., Жидкин А.П. Металлы в почвах малого водосбора лесостепной зоны (Среднерусская лесостепь) // Почвоведение. 2015. № 6. С. 675–684.

12. Samonova O.A., Aseeva E.N. Kasimov N.S. Metals in 1–0.25 mm grain-size fraction in the soils of the mixed forest zone of the Russian plain. Journal of Geochemical Exploration. 2017. Vol. 184. P. 381–393.

13. Семенков И.Н. Формы нахождения металлов в суглинистых тундровых, таежных, подтаежных и лесостепных почвенно-геохимических катенах: дис. … канд. геогр. наук. М., 2016. 174 с.

14. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2015. № 2. С. 7–17.

15. Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 382 с.

16. Hu Z., Gao S. Upper crustal abundances of trace elements: A revision and update // Chemical Geology. 2008. Vol. 253 (3–4). P. 205–221.

17. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. М.: Либроком, 2009. 332 с.

18. Семенков И.Н., Терская Е.В., Касимов Н.С. Поведение форм металлов в зональных почвенно-геохимических катенах // Геохимия ландшафтов. К 100-летию со дня рождения Александра Ильича Перельмана. М.: АПР, 2016. С. 97–144.

VERTICAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF MAJOR AND TRACE ELEMENTS IN THE CATENA AT THE CENTRAL FOREST NATURE RESERVE

N.S. Kasimov, I.N. Semenkov, E.N. Aseeva, O.A. Samonova, P.R. Enchilik, A.D. Iovcheva, E.V. Terskaya

Faculty of Geography, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, polimail@inbox.ru

Summary. *In 2017 and 2018, we investigated the vertical and spatial distribution of chemical elements in four soil profiles of Retisols within a typical catena in the Central Forest Nature Reserve. In 90 soil samples we measured total organic carbon, pH value, grain size distributions, total concentrations of Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn, Zr and levels of their mobile fractions (exchangeable, bound to organic complexes and bound to Fe and Mn hydroxides. In the A-horizons the average total concentration of Fe is 1,2%, Ti – 0,33%, Mn – 482 mg ·kg^{-1}, Zr – 292 mg ·kg^{-1}, Sr – 90 mg ·kg^{-1}, Zn – 39 mg ·kg^{-1}, Cr – 21 mg ·kg^{-1}, Pb – 21 mg ·kg^{-1}, Ni – 9 mg ·kg^{-1}, Cu 8 – mg ·kg^{-1}. The concentrations of the exchangeable fraction of the metals diminish in order: Fe> Mn> Sr> Zn, Pb> Ti, Cr, Ni, Cu, Co, Zr; the concentrations of the bound to organic complexes fraction and the bound to Fe and Mn hydroxides fraction show the following order: Fe> Mn>> Ti, Zr, Pb> Co> Ni, Cu, Zn> Cr, Sr and Fe> Mn> Ti> Zn, Sr, Pb> Cr> Cu, Ni, Co> Zr, respectively. In all studied Retisols the total Pb and Zr, the exchangeable fraction of Co, Fe, Mn, Pb and Zn, the bound to organic fraction of Cu, Fe, Pb and Zn, the bound to Fe and Mn hydroxides of Pb accumulate in topsoil horizons. For the total Co, Fe, Ni, Sr and Zn, the exchangeable Co, Cr, Cu, Mn, Pb, Zn and Zr, the bound to organic Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn and Zr and the bound to Fe and Mn hydroxides Co, Cr, Cu, Ti, Zn, Zr the loss from the albic horizons and/or the accumulation in the argic horizons were registered. The total concentrations of all studied elements increase in the A-horizon in the upper part of the catena, at its slope position. In the A-horizons in its lower part (footslope and toeslope) positions, the concentrations of exchangeable Ni, Cu, Sr and Zr, bound to organic Ni, Cu and Zn increases, and the concentration of exchangeable Co, Cr, Pb, Ti and Zn, bound to organic Cr, Ti and Co, bound to Fe and Mn hydroxides Mn, Ni, Zn, Pb, Zr decreases.*

Keywords: *Albeluvisols, soil, heavy metals, iron, manganese, landscape geochemistry.*

УДК 631.823 : 631.414

ВЛИЯНИЕ ДИАТОМИТА НА СОСТАВ ПОЧВЕННО-ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Козлов[1], А.Х. Куликова[2]

[1] Нижегородский государственный педагогический университет имени К. Минина, Нижний Новгород, a_v_kozlov@mail.ru
[2] Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Ульяновск, agroec@yandex.ru

Аннотация. *В работе показано современное представление о почвенно-поглощающем комплексе почв и об их коллоидной системе как основе ППК. В двухлетнем микрополевом эксперименте, заложенном на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (Нижегородская область) с высокими дозами (3, 6 и 12 т/га) диатомита Инзенского месторождения, выявлено влияние породы на содержание подвижных фосфатов, силикатов и гуматов в коллоидной фракции почвы, которое заключалось в повышении их содержания. По-видимому, вещество диатомита участвует в связывании элементов питания и гумусовых веществ из почвенного раствора и ППК, что приводит к их сохранению в гумусо-аккумулятивном слое почвы.*
Ключевые слова: *диатомит, дерново-подзолистая почва, коллоидная фракция, почвенно-поглощающий комплекс, содержание подвижных соединений фосфора, кремния и гуматов.*

Почвенный поглощающий комплекс представляет собой высокодисперсную часть почвы, которая способна обменивать содержащиеся в ней ионы на иные ионные структуры из почвенного раствора. Комплексность данной части почвы придает наличие различных минеральных, органических и органо-минеральных соединений, а способность к поглощению – адсорбционная активность своих элементарных реакционно-активных частиц. Величина поглощающего комплекса у различных почв неодинакова. В частности, суглинистые и глинистые почвы в своем составе имеют значительное количество илистых частиц и гумуса, что придает коллоидной фракции высокую поглотительную способность; у песчаных и супесчаных почв, обедненных гуматами и илом, поглощающий комплекс невелик.

С почвенными коллоидами тесно связана емкость поглощения – это максимальное количество катионов, которое данная почва способна поглотить из почвенного раствора. Чем больше коллоидов в почве, тем больше ее емкость поглощения и тем, следовательно, больше поглощенных катионов она будет содержать. Величина емкости поглощения также зависит от минералогического состава почв [1].

На поглощение почвой катионов огромное воздействие оказывает их концентрация в почвенном растворе, а именно: чем больше катионов в растворе, тем сильнее они поглощаются и вытесняют из поглощающего комплекса другие катионы и, следовательно, в поглощенном состоянии они будут преобладать [2].

Благодаря адсорбционной способности своих отрицательно заряженных коллоидных частиц поглощающий комплекс любой почвы всегда будет насыщен катионами. Однако в зависимости от условий почвообразования качественный состав поглощенных катионов у различных почв будет неодинаков. Состав поглощенных катионов разделяет все почвы на почвы насыщенные и ненасыщенные основаниями. К первым относятся почвы, в ППК которых присутствуют только катионы металлов – Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+}; ко вторым – почвы, в поглощающий комплекс которых, наряду с другими катионами, входит и поглощенный H^{+} и Al^{+++} [3].

Известно, что поглотительная способность является одним из наиболее значимых свойств почвы, поскольку непосредственно участвует в почвообразовательных процессах, развитии почвенного тела и формировании плодородия ее гумусо-аккумулятивного горизонта. Способность почвы к катионно-анионному поглощению регулирует питательный режим за счет накопления многих элементов, необходимых растениям и почвообитающим микроорганизмам. Поглотительная способность обуславливает реакцию почвенного раствора, уровень бу-

ферной силы, водно-физические свойства, а также в определенной мере – интенсивность процессов гумусообразования, накопления и сохранения гумусовых матриц в почвенно-поглощающем комплексе.

В настоящее время в научной литературе имеются исследования о действии кремнийсодержащих материалов на урожайность сельскохозяйственных культур и некоторые свойства почв [4, 5], однако отсутствуют сведения о направленности и степени влияния природных высококремнистых пород, применяемых в качестве удобрений и мелиорантов, на состояние коллоидной системы почв сельскохозяйственных угодий.

В связи с этим целью наших исследований явилось изучение накопления элементов питания в коллоидной фракции дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в условиях пролонгированного действия высоких доз (3, 6 и 12 т/га) диатомита Инзенского месторождения (Ульяновская область). Полевые эксперименты проведены в течение 2015-2016 гг. на пашне ООО «Элитхоз» Борского района Нижегородской области, повторность в опытах четырехкратная. Аналитическая часть выполнена на базе Эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей среды Мининского университета.

Лабораторно коллоиды из почвенных образцов, отбираемых после уборки урожай культур, выделяли их коагуляцией 1,0 Н раствором хлористого натрия, стабилизацией 80% раствором гидролизного спирта и отмыванием горячей дистиллированной водой с последующим сифонным сбором золя тонкодисперсной фракции почвы. Далее полученную коллоидную жидкость анализировали на определение содержания фосфатов, силикатов, нитратов, органических веществ, тяжелых металлов и других соединений с помощью общепринятых в практике почвоведения аналитических прописей.

Было выявлено, что на вариантах с диатомовой породой в первую очередь повышается содержание органического вещества в коллоидной фракции дерново-подзолистой почвы. Кроме того, на вариантах с внесением в почву 6 и 12 т/га диатомита существенно увеличено накопление коллоидных фосфатов по отношению к контрольному варианту.

В частности, содержание доступных фосфатов в коллоидной фракции почвы в 2015 году на контрольном варианте составило 32 мг/кг, а в 2016 году – 48 мг/кг, что выше на 50% значения первого года.

В результате применения диатомита показатель содержания фосфатов в коллоидной фракции изменялся в очень тесной зависимости от дозы и в 2015 году на варианте с внесением в почву 12 т/га породы он составил 69 мг/кг, что на 115% выше по отношению к контролю. В 2016 году содержание коллоидных фосфатов составило 76 мг/кг, что также превосходит контрольное значение на 58%.

Содержание подвижных соединений кремния в коллоидной фракции почвы на контрольном варианте в 2015 году составило 9 мг/кг, а в 2016 году показатель увеличился на 33% (12 мг/кг). По вариантам с диатомитом было отмечено повышение показателя при дозе в 12 т/га, которое составило 26 мг/кг, что выше контрольного значения почти в 2 раза.

Содержание гуматов в коллоидной фракции почвы в 2015 году на контрольном варианте составило 0,62%, а в 2016 году показатель был несколько увеличен и составил 0,76%. В результате применения диатомита показатель содержания гуматов в коллоидной фракции почвы оказался наивысшим на варианте с дозой в 12 т/га породы: в 2015 году – 0,83%, в 2016 году – 0,89%.

Таким образом, в двухлетнем микрополевом эксперименте было установлено положительное действие диатомита Инзенского месторождения на состав поглощающего комплекса, оцениваемого по характеристикам коллоидной фракции дерново-подзолистой почвы Нижегородской области. По-видимому, вещество диатомовой породы участвует в связывании элементов питания и гумусовых веществ из почвенного раствора и ППК, что приводит к их сохранению в гумусо-аккумулятивном слое почвы.

Нужно также отметить наличие пролонгированности установленных положительных тенденций накопления веществ в коллоидах почвы по годам исследований и в более выраженной степени – на вариантах с максимальной дозой диатомовой породы (12 т/га).

Литература

1. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1992. 400 с.
2. Пинский Д.Л. Ионообменные процессы в почвах. Пущино: ПНЦ РАН, 1997. 166 с.
3. Соколова Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. Тула: Гриф и К, 2012. 124 с.
4. Бочарникова Е.А., Матыченков В.В., Погорелов А.Г. Сравнительная характеристика некоторых кремниевых удобрений // Агрохимия. 2011. № 11. С. 25–30.
5. Лобода Б.П., Багдасаров В.Р., Фицуро Д.Д. Влияние удобрения на основе цеолитсодержащих трепелов Хотынецкого месторождения на урожайность и качество картофеля // Агрохимия. 2014. № 3. С. 28–35.

INFLUENCE OF DIATOMITE ON STRUCTURE OF SOIL ABSORBING COMPLEX OF CESPITOSE-PODSOLIC SANDY LOAMY SOIL IN CONDITIONS OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION

A.V. Kozlov[1], A.H. Kulikova[2]

[1] Minin Nizhny Novgorod state pedagogical university, Nizhny Novgorod, a_v_kozlov@mail.ru
[2] Stolypin Ulyanovsk state agricultural university, Ulyanovsk, agroec@yandex.ru

Summary. *In work modern idea of the soil absorbing complex of soils and of their colloidal system as PPK basis is shown. In the two-year microfield experiment put on the cespitose-podsolic sandy loamy soil (Nizhny Novgorod Region) with high doses (3, 6 and 12 t/hectare) of diatomite of the Inzensky field influence of breed on the content of mobile phosphates, silicates and humates in colloidal fraction of the soil which consisted in increase in their contents is revealed. Apparently, substance of diatomite participates in binding of batteries and humic substances from soil solution and PPK that leads to their preservation in a humate-accumulative layer of earth.*

Keywords: *diatomite, the cespitose-podsolic soil, colloidal fraction, the soil absorbing complex, content of mobile compounds of phosphorus, silicon and humates.*

УДК 550.361.4

ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОЧВ КАК ИНДИКАТОР ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКОСИСТЕМ

С.Г. Копысов[1,2], Н.А. Пеньков[2]

[1] Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск
[2] Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, wosypok@mail.ru

Аннотация. *Для юга таежной зоны обосновывается подбор локальных эмпирических зависимостей между измеренной температурой на различных глубинах и увлажненностью деятельного слоя в целом, смоделированной с помощью метода гидролого-климатических расчётов (ГКР). В качестве материалов для исследования использовались ежесуточные данные по температурам воздуха и осадкам, а также температуры почвы с автоматических измерителей профиля температуры. Результаты расчётов и измерений усреднялись за декады, после чего проводился подбор эмпирических зависимостей между влажностью и температурами на различных глубинах.*
Ключевые слова: *термический режим, метод ГКР, логгеры, Южная тайга.*

Актуальность. Исследованию изменений температуры верхних и глубинных слоев почвы в период современного потепления климата посвящено большое число работ [1]. Тепловой режим почв является важнейшей составной частью почвенного климата. Именно тепловой режим, наряду с водным, определяет емкость и интенсивность процессов почвообразования [2], и в целом биопродуктивность различных геосистем. Восстановление температуры почвы лишь по температуре воздуха не всегда эффективно, так как выпадение дождевых осадков также существенно влияет на температурный режим деятельной поверхности.

В практике климатических моделей и прогнозов атмосферные осадки и температуру воздуха обычно рассматривают по отдельности. В действительности эти параметры являются лишь некоторыми индикаторами разнонаправленных экосистемных процессов действующих совместно. Часто в исследованиях используется коэффициент увлажнения, который представляет собой отношение количества атмосферных осадков к величине испаряемости и вычисляется, по предложению Н.Н. Иванова, помесячно и за год. Однако, у этого коэффициента есть существенный недостаток – он не учитывает начальное увлажнение деятельного слоя. Эти недостатки отсутствуют в математических моделях тепловлагообмена между деятельным слоем почвогрунта и атмосферой, например в методе гидролого-климатических расчетов или методе ГКР [3, 4].

Объекты и методы исследования. Основная идея метода ГКР заключается в том, что водный и тепловой балансы рассматриваются совместно в их неразрывной связи и, что самое главное во взаимосвязи с почвенным покровом, с учетом его водных и физических свойств. Математический алгоритм метода ГКР учитывает при расчетах гидролого-климатических характеристик перераспределение влаги внутри года и переход части влаги с одного года на другой. Одним из результатов выдаваемых данной моделью являются ряды относительной увлажненности деятельного слоя.

В качестве исходной информации для реализации метода ГКР использовались суточные данные по осадкам и температурам воздуха для метеостанций Бакчар и Томск, взятые из базы данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных ВНИГМИ-МЦЦ (http://aisori.meteo.ru/ClimateR).

Измерения температуры почвы на различных глубинах выполнялись автономными измерителями температуры разработанными в ИМКЭС СО РАН [5], расположенными в автоморфных условиях в радиусе 13–130 км от ГМС Томск. В анализе использовались данные только за вегетационный период, начиная с 2012 года. Расчетный интервал времени – декада, так как летние осадки выпадают локально-распределено, а потому моделирование по суточным осадками ГМС Томск и Бакчар лишь создаст информационный шум.

Обсуждение результатов. Годовой ход температуры почвы в умеренных широтах характеризуется обычно одним максимумом в июле или августе и одним минимумом в январе или феврале. Ниже показано, как изменяются годовые амплитуды температур.

Таблица 1

Годовые амплитуды температуры почвы на различных глубинах

АИПТ Ипатово (кедровник)		АИПТ Зоркальцево (опушка колка)		АИПТ Маркелово (осинник высокотравный)	
Глубина	Амплитуда	Глубина	Амплитуда	Глубина	Амплитуда
0	20,1	0	21,3	0	23,3
10	18,9	10	19	10	16,8
40	15,2	40	14,4	40	13,5
80	12,7	80	11,9	80	10,8
160	8,3	160	8,7	160	7,4

Большое значение на амплитуду среднегодовой температуры почвы оказывает снежный покров. Зимой он уменьшает охлаждение почвы и тем самым в значительной мере повышает ее среднегодовую температуру.

Если говорить о роли влажности почвы на ее температуру, то понятно, что чем почва более влажная, тем больше тратится энергии на испарение, а не на её нагрев, и наоборот. Для подтверждения этой гипотезы был проведен корреляционный анализ между модельной увлажненностью деятельного слоя и измеренными температурами в почвогрунте.

Таблица 2

Корреляция температуры почв на различных глубинах с модельной увлажнённостью почвы

Глубина, см	АИПТ Сухарево	АИПТ Ипатово	АИПТ Зоркальцево (центр западины)	АИПТ Зоркальцево (опушка колка)	АИПТ Маяк	АИПТ Маркелово	АИПТ Яря
0	**–0,75**	**–0,80**	–0,69	–0,48	0,03	–0,43	–0,68
5	**–0,76**	**–0,79**	**–0,86**	–0,63	–0,63	–0,62	**–0,82**
10	**–0,79**	**–0,82**	**0,73**	**–0,70**	–0,68	–0,68	**–0,96**
15	**–0,81**	**–0,84**	**0,87**	**–0,78**	**–0,72**	**–0,73**	**–0,99**
20	**–0,83**	**–0,86**	**–0,80**	**–0,83**	**–0,76**	**–0,76**	**–0,95**
30	**–0,83**	**–0,87**	**0,90**	**–0,90**	**–0,84**	**–0,80**	**–0,97**
40	**–0,84**	**–0,88**	**–0,68**	**–0,93**	**–0,86**	**–0,83**	**–0,97**
60	**–0,84**	**–0,88**	**–0,71**	**–0,95**	**–0,87**	**–0,85**	**–0,87**
80	**–0,83**	**–0,87**	–0,09	**–0,95**	**–0,86**	**–0,85**	**–0,92**
120	**–0,81**	**–0,85**	0,29	**–0,93**	**–0,86**	**–0,83**	**–0,99**
160	**–0,79**	**–0,83**	–0,13	**–0,91**	**–0,85**	**–0,80**	**–0,92**
240	**–0,73**	**–0,79**	**–0,87**	**–0,87**	**–0,84**	**–0,76**	**–0,88**

Результаты корреляционного анализа также показали, что в летний период измеренная температура почвы находится в обратной зависимости от модельной декадной увлажненности деятельного слоя. Причем наибольшие отрицательные коэффициенты корреляции наблюдаются на различных глубинах и характеризуют мощность деятельного слоя. Это позволяет утверждать, что ряды наблюдений за термическим режимом дают нам возможность восстанавливать локальную относительную увлажненность деятельного слоя за вегетационный период и тем самым количественно оценивать экологические условия произрастания.

Стоит отметить, что в летний период зависимости между измеренной температурой почвы на различных глубинах и осадками, зарегистрированными на ГМС Томск, не наблюдается.

Что касается корреляции температур почв на различных глубинах с температурой воздуха по ГМС Томск, то здесь наибольшее соответствие наблюдается на поверхности деятельного слоя, а с глубиной происходит закономерное уменьшение коэффициентов корреляции (с r= 0,87–0,90 на глубине 5см до 0,68–0,74 на глубине 80 см). Ниже деятельного слоя зависимость между температурой воздуха и температурой почвы не значима, это позволяет нам чётко определять нижнюю границу деятельного слоя.

В статье [6] для уточнения глубины проникновения внутрисуточного хода температур и отставания по фазе на торфяных болотах рассчитывались взаимные автокорреляционные

функции температуры воздуха и слоев торфяной залежи. Для болот начиная с глубин 30 см и более, влияние внутрисуточного хода температур воздуха не прослеживается.

Таблица 3

Корреляция температуры почв на различных глубинах с осадками по ГМС Томск

Глубина, см	АИПТ Сухарево	АИПТ Ипатово	АИПТ Зоркальцево (центр западины)	АИПТ Зоркальцево (опушка колка)	АИПТ Маяк
0	0,07	0,21	0,10	0,17	0,45
5	0,24	0,21	0,09	0,19	0,49
10	0,24	0,21	–0,03	0,20	0,49
15	0,24	0,22	0,03	0,21	0,50
20	0,24	0,22	0,11	0,22	0,51
30	0,24	0,22	0,13	0,23	0,53
40	0,24	0,22	0,16	0,24	0,54
60	0,23	0,22	0,16	0,25	0,54
80	0,21	0,22	0,17	0,25	0,55
120	0,19	0,22	0,14	0,25	0,54
160	0,15	0,20	0,10	0,24	0,53
240	0,23	0,15	0,02	0,19	0,46

Таблица 4

Корреляция температуры почв на различных глубинах с температурой воздуха по ГМС Томск

Глубина, см	АИПТ Сухарево	АИПТ Ипатово	АИПТ Зоркальцево (центр западины)	АИПТ Зоркальцево (опушка колка)	АИПТ Маяк
0	0,09	**0,88**	**0,92**	**0,91**	**1,00**
5	**0,88**	**0,88**	**0,84**	**0,91**	**0,88**
10	**0,87**	**0,87**	0,52	**0,90**	**0,87**
15	**0,85**	**0,85**	0,46	**0,90**	**0,86**
20	**0,83**	**0,84**	**0,84**	**0,89**	**0,85**
30	**0,80**	**0,81**	0,27	**0,87**	**0,82**
40	**0,77**	**0,78**	**0,78**	**0,85**	**0,78**
60	**0,72**	**0,74**	**0,72**	**0,82**	**0,74**
80	0,68	**0,70**	0,64	**0,78**	0,69
120	0,57	0,60	0,44	0,69	0,64
160	0,44	0,47	0,14	0,58	0,53
240	0,90	0,13	–0,26	0,29	0,26

По нашим данным для автоморфных условий местообитания запаздывание декадного хода температуры воздуха на глубине 20 см не превышает одной-двух декад, на глубине 120 см – 4–5 декад, а на глубине 240 см – 7–8 декад.

Как известно [7], температура почвы является результатом не только прогревания воздуха над ее поверхностью, но и влажности почвы, характеристик ее поверхности (прежде всего ее цвета, от которого зависит альбедо), гранулометрического состава. Поэтому соотношения температур почва-воздух является неустойчивым, существенно зависящим от климатической зоны, от континентальности климата, указанных особенностей почв и многих других факторов. Поэтому регрессионный метод прогнозирования температуры почвы лишь по температуре воздуха дает лишь ориентировочные прогнозы.

Для более точного прогнозирования, нами были подобраны зависимости ряда модельной увлажнённости деятельного слоя с температурами почв на глубинах 20, 40 и 80 см за 2014–2016 годы. Также по расчётному ряду увлажнённости деятельного слоя на основе регрессионной модели был восстановлен термический режим почв для различных лесорастительных условий.

Зависимость термического режима и относительной влажности деятельного слоя лучше всего работает в летний период, когда прекращается влияние снежного покрова. Наибольшие ошибки (до 17%) наблюдаются в первую декаду июня 2014 года. Возможно, это обусловлено особенностями температурного и снегового режима предшествующего периода: за зиму почва промёрзла на большую глубину.

Заключение. Установление локальных эмпирических зависимостей между измеренной температурой деятельного слоя на различных глубинах и его увлажненностью, смоделированной с помощью метода гидролого-климатических расчётов даёт нам возможность по рядам наблюдений за термическим режимом восстанавливать локальную относительную увлажненность деятельного слоя за вегетационный период и тем самым количественно оценивать локальные экологические условия произрастания.

Простота и относительная дешевизна автоматического мониторинга температурного режима, особенно по сравнению со стационарными наблюдениями за влажностью деятельного слоя, даёт надежный и эффективный способ для индикации режимов увлажнения различных геосистем.

Работа выполнена при поддержке комплексной программы фундаментальных исследований СО РАН «Междисциплинарные интеграционные исследования на 2018–2020 гг.» проект «Взаимосвязь климатических и экосистемных процессов на территории лесоболотных комплексов Западной Сибири».

Литература

1. Дюкарев Е.А., Головацкая Е.А. Особенности температурного режима торфяной залежи олиготрофного болота в Южной Тайге Западной Сибири // География и природные ресурсы. 2013. № 1. С. 65–71.

2. Хмелев В.А., Панфилов В.П., Дюкарев А.Г. Генезис и физические свойства текстурно-дифференцированных почв. Новосибирск: Наука, 1988. 128 с.

3. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 168 с.

4. Карнацевич И.В., Хрущев С.А. Компьютерная система массовых расчетов текущих водных балансов речных водосборов неизученных областей суши. Омск, 2014. 174 с.

5. Кураков С.А., Крутиков В.А., Ушаков В.Г. Автономный измеритель профиля температуры АИПТ // Приборы и техника эксперимента. 2008. № 5. С. 166–167.

6. Инишева Л.И., Горельский В.А., Инишев Н.Г. Гидротермический режим торфяных болот // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 1. С. 22–26.

7. Шеин Е.В. Агрофизика. Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. 400 с.

THERMAL SOIL MODE AS THE INDICATOR OF THE HYDROLOGICAL-CLIMATE FEATURES OF ECOSYSTEMS

S.G. Kopysov[1,2], N.A. Pen'kov[2]

[1] Institute of Monitoring and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, wosypok@mail.ru
[2] National Research Tomsk State University, Tomsk, wosypok @mail.ru

Summary. *For the south of the taiga zone, a selection of local empirical relationships between the measured temperature at various depths and the moisture content of the active layer of the soil, modeled by the method of hydrologic-climatic calculations (GCR), is justified. Daily data on air temperatures and precipitation, as well as soil temperatures from automatic temperature profile meters were used as the materials for the study. The results of calculations and measurements were averaged over 10 days, after which the selection of empirical relationships between humidity and temperatures at different depths was carried out.*
Keywords: *thermal regime, method HCC, logger, South Taiga.*

УДК 631.112:631.41.434

ВЛИЯНИЕ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В ПЛОДОСМЕННОМ СЕВООБОРОТЕ ЦЧР

П.А. Косякин, О.К. Боронтов, Е.Н. Манаенкова

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», Воронеж, kosyakinp@mail.ru

Аннотация. *В результате двадцатилетних исследований установлено, что физические свойства чернозёма выщелоченного в звеньях с чёрным паром и с клевером были оптимальны для возделывания сахарной свёклы. Урожайность в звене с клевером была на 8% ниже, чем с чёрным паром, что связано с фитосанитарным состоянием посевов.*
Ключевые слова: *звено севооборота, стационарный опыт, физические свойства, засорённость, сахарная свёкла, продуктивность.*

Актуальность. Использование многолетних трав в различных севооборотах приводит не только к улучшению агрохимических и агрофизических свойств почвы, но и способствует росту продуктивности культур, повышению энергетической эффективности возделывания [1-6]. Растительные остатки трав способствуют увеличению содержания органического вещества в почве, так как многолетние травы формируют большую массу корней, которые оказывают положительное влияние на показатели почвенного плодородия.

Однако, в свекловичных севооборотах, лучшим звеном считается: чёрный пар – озимая пшеница – сахарная свёкла. При возделывании сахарной свёклы по другим предшественникам, ухудшается фитосанитарное состояние посевов, изменяется пищевой режим почвы и окупаемость удобрений [3, 5, 6]. Наши исследования подтвердили положительное влияние многолетних трав на структурное состояние чернозёма выщелоченного [1].

Объекты и методы исследования. Исследования агрофизических свойств почвы проводились во ВНИИСС в стационарном опыте, заложенном в 1985 году в девятипольном севообороте: чёрный пар – озимая пшеница – сахарная свёкла – ячмень с подсевом клевера – клевер на один укос – озимая пшеница – сахарная свёкла – однолетние травы – кукуруза на зелёный корм. Почва – чернозём выщелоченный с содержанием гумуса – 5,0 %, pH_{KCL} – 5,0-5,5, со средним уровнем обеспеченности питательными веществами. Удобрялись все культуры севооборота по рекомендованным нормам: 50 т/га навоза в черном пару и 50 т/га навоза под сахарную свеклу по клеверу. Минеральные удобрения: под озимую пшеницу по клеверу – $N_{60}P_{60}K_{60}$; под ячмень – $N_{40}P_{40}K_{40}$. Подкормка клевера – $N_{20}P_{20}K_{20}$; под овёс-горох – $N_{20}P_{20}K_{20}$; под кукурузу – $N_{60}P_{60}K_{60}$; под сахарную свеклу в звене с чёрным паром – $N_{160}P_{160}K_{160}$; под сахарную свеклу в звене с клевером – $N_{150}P_{150}K_{150}$. Всего $N_{59}P_{59}K_{59}$ и 11 т навоза на 1 га севооборотной площади. Площадь делянки 350 м^2, учетной – 60-100 м^2, повторность трехкратная. Агротехника возделывания культур – общепринятая для ЦЧР.

Обсуждение результатов. Звено свекловичного севооборота оказало следующее влияние на агрофизические свойства чернозёма. При определении структурно-агрегатного состава пахотного слоя в весенний период установлено, что соотношение агрегатов различного размера было примерно одинаковым, а коэффициент структурности для звена: чёрный пар – озимая пшеница – сахарная свёкла составил 2,20, а для звена: клевер – озимая пшеница – сахарная свёкла – составил 2,12. Осеннее определение показало, что в паровом звене этот показатель макроструктуры не изменился, а в клеверном вырос до 2,86. Это произошло за счёт разрушения глыбистой фракции, при неизменной доле пылевидной фракции.

Внесение в почву органо-минерального удобрения увеличило количество агрономически ценных агрегатов, однако, чем меньше доля минеральных удобрений вносимых под сахарную свёклу, тем лучше идёт процесс структурообразования и выше коэффициент структурности. Звено севооборота не влияло на плотность твёрдой фазы и пористость аэрации. Плот-

ность сложения пахотного слоя почвы в звене с клевером при посеве сахарной свёклы была выше, чем в звене с чёрным паром на 0,02–0,07 г/см^3 при $НСР_{05}$ = 0,02. Перед уборкой плотность сложения, наоборот, в звене с паром оказалась выше, чем в звене с клевером на 0,03-0,04 г/см^3, что объясняется различной массой корнеплодов (таблица).

Влияние звена севооборота на агрофизические свойства чернозёма, фитосанитарное состояние посевов и продуктивность сахарной свёклы, 1997–2017 гг.

Показатели		Единица измерения	Звенья севооборота	
			Чёрный пар – озимая пшеница – сахарная свёкла	Клевер – озимая пшеница – сахарная свёкла
Агрономически ценная фракция		%	70	73
Коэффициент структурности		–	2,4	2,8
Коэффициент водопрочности		–	0,88	0,91
Пористость	общая	%	53,0	51,8
	аэрации	%	22,3	22,9
Плотность	твёрдой фазы	г/см^3	2,53	2,53
	сложения	г/см^3	1,19	1,22
Суммарное водопотребление		мм	351	360
Водопотребление, в т.ч. из запасов почвенной влаги		%	13	16
Коэффициент водопотребления		м^3/т	116	122
Твёрдость		МПа	1,62	1,50
Липкость		г/см^3	8,44	5,72
Засорённость общая		шт/м^2	71	108
Корнеед	распространённость	%	17,4	22,0
	развитие	%	3,0	7,4
Урожайность ($НСР_{05}$ – 1,8)		т/га	42,0	39,5
Сахаристость		%	17,2	17,3
Сбор сахара		т/га	7,22	6,83
Вероятный выход сахара на заводе		т/га	5,82	5,51

При увеличении плотности сложения почвы в звене с клевером в начальный период роста сахарной свёклы на 0,02 г/см^3, существенно не изменилось строение пахотного слоя, которое находилось в оптимальном состоянии.

Введение в севооборот клевера повышало на 6% водопрочность почвенной структуры в весенний срок отбора образцов и не оказало влияния при осеннем наблюдении. Плотность сложения незначительно изменялась, поэтому не было оснований ожидать изменений в водно-физических свойствах выщелоченного чернозёма, что и выявило определение наименьшей влагоёмкости и диапазона активной влаги.

Под влиянием звена севооборота изменялось водопотребление сахарной свёклы. Определение влажности почвы в начальный этап развития показало, что благодаря содержанию агрономически ценных агрегатов в пахотном слое, запасы влаги в почве увеличивались на 5–10%.

Однако, в клеверном звене севооборота, коэффициент водопотребления оказался выше на 5%. Сахарная свёкла, посеянная в паровом звене севооборота, использовала влагу выпадающих осадков, а в клеверном – влагу почвенных слоёв. Так, доля почвенной влаги в суммарном водопотреблении в паровом звене составила, в зависимости от доз удобрений, 11–16% (среднее 13%), а в клеверном 15–17% (среднее 16%).

Выводы. Следовательно, физические свойства чернозёма выщелоченного, в обоих звеньях севооборота, были оптимальны для возделывания сахарной свёклы и не могли существенно влиять на урожайность культуры. Однако за годы исследований урожайность и сбор сахара в клеверном звене на 8% ниже, чем в паровом. Это происходило из-за большей засорённости посевов сахарной свёклы в клеверном звене, чем в паровом (на 35%), и большей заболеваемости культуры корнеедом (увеличение распространённости на 26%, а развития болезни в 2,5 раза).

Таким образом, при возделывании сахарной свёклы, следует отдавать предпочтение звену с чёрным паром, поскольку данный предшественник сохраняет оптимальные агрофизические свойства чернозёма выщелоченного, улучшает фитосанитарную обстановку в посевах и увеличивает урожайность культуры.

Литература

1. Боронтов О.К., Никульников И.М. Влияние обработки почвы и предшествующей культивации на структуру чернозёма выщелоченного // Почвоведение. 1998. № 6. С. 674–879.

2. Дьяков Д.А., Минакова О.А., Боронтов О.К., Косякин П.А., Манаенкова Е.Н. Влияние питательного режима, погодных условий и агротехники на продуктивность сахарной свеклы // Сахарная свёкла. 2015. № 10. С. 33–36.

3. Скорочкин Ю.П. Сахарная свёкла и севооборот // Сахарная свёкла. 2008. № 9. С. 21–22.

4. Соловченко В.Д., Самыкин В.Н., Шаповалов Н.К. Действие удобрений на пищевой режим почвы и продуктивность сахарной свёклы в условиях Белгородской области // Сахарная свёкла. 2007. № 5. С. 23–26.

5. Тютюнов С.И., Соловченко В.Д., Татаринцев Р.Ю., Лобанов Г.Л. Агрофизические свойства чернозёма типичного в зависимости от условий антропогенеза. // Материалы международной научно-практической конференции «Научные и практические основы сохранения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в адаптивно-ландшафтном земледелии». Белгород, 2004. С. 285–290.

6. Шаповалов Н.К., Иевлев Д.М., Бабич В.Г., Шестакова Р.И. Формирование урожая сахарной свёклы при различных способах подготовки почвы // Сахарная свёкла. 1996. № 8. С. 16–20.

THE EFFECT OF CROP ROTATION ON PHYSICAL PROPERTIES LEACHED CHERNOZEM IN CROP ROTATION CENTRAL-CHERNOZEM REGION

P.A. Kosyakin, O.K. Borontov, E.N. Manaenkova

The Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Sugar Beets and Sugar named A.L. Mazlumov», Russia, Voronezh, kosyakinp@mail.ru

Summary. *As a result of twenty years of research it was established that the physical properties of chernozem leached in links with black steam and clover were optimal for the cultivation of sugar beet. The yield in the link with the clover was 8% lower than with the black steam, which is due to the phytosanitary condition of the crops.*

Key words: *a link of crop rotation, stationary experience, physical properties, contamination, sugar beet, productivity.*

УДК 631.4

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИШИМСКОЙ СТЕПИ

Ю.В. Кравцов

Новосибирский государственный педагогический университет, Россия, Новосибирск, kravtsov60@mail.ru

Аннотация. *Представлены основные итоги многолетних почвенно-мелиоративных изысканий на Ишим-Иртышском степном междуречье. Показано основное содержание работ сотрудников Института почвоведения и агрохимии, а также Новосибирского педуниверситета по изучению почв Ишимской степи.*

Ключевые слова: *черноземы южные, лугово-черноземные почвы, водный режим, уровень грунтовых вод, многолетняя динамика.*

Ишимская степь (Ишим-Иртышское степное междуречье) является важным аграрным регионом Сибири. Однако получению высоких стабильных урожаев зерновых культур и кормовых трав там часто препятствует недостаток почвенной и атмосферной влаги. Для обеспечения культурных растений влагой на Ишим-Иртышском степном междуречье в 1980-е гг. планировалось строительство Южно-Омской оросительной системы. Сотрудниками Института почвоведения и агрохимии СО РАН почвенно-мелиоративные исследования в Ишимской степи начаты в связи с заказом Государственного комитета по науке и технике при Совете Министров СССР на проведение научной экспертизы проектировавшейся Южно-Омской оросительной системы. В соответствии с полученным заданием работниками института в летний сезон 1985 г. предпринята обзорная экскурсия на Ишим-Иртышское степное междуречье, в течение которой были собраны первичные полевые материалы и выделены два опорных почвенно-геоморфологических профиля для дальнейших режимных наблюдений. По материалам этой экскурсии и результатам анализа картографических и фондовых материалов сотрудниками лаборатории физики и мелиорации почв Института почвоведения и агрохимии в 1987 г. выпущена первая публикация об особенностях почвенно-мелиоративных условий в Ишимской степи [1]. Через год основные положения этих тезисов получили детальное раскрытие и подкрепление большим объемом фактических результатов глубокопрофильного изучения свойств и режимов ишимских почв в коллективной монографии «Черноземы: свойства и особенности орошения» [2], явившейся частью серии изданий, выпущенных к 20-летнему юбилею Института почвоведения и агрохимии.

Ресурсы тепла являются важным фактором продуктивности сибирских почв, поэтому изучение термического режима пахотных почв Ишимской степи остается актуальной научно-прикладной задачей. В названной монографии Т.И. Азьмука и Ю.В. Кравцовым [3] показано, что температурный режим ишимских автоморфных и гидроморфных почв тяжелого гранулометрического состава характеризуется общими чертами – длительным и глубоким сезонным промерзанием и достаточно большим и глубоким прогреванием летом, соразмерностью тепло- и холодонакопления, что предопределяет близкие среднегодовые температуры изучаемых почв на различных глубинах. Все исследуемые почвы отнесены к длительно-сезонно-мерзлотным. Однако, ишимские черноземы южные летом охарактеризованы как умеренно теплые по всему профилю, а лугово-черноземные почвы – как умеренно холодные в пахотном слое и холодные в горизонте В.

Гранулометрический состав является важной генетической характеристикой почв и подстилающих пород, которой обусловлены физические, водно-физические и, в целом, мелиоративные особенности почв. И.В. Слесаревым и С.Я. Кудряшовой [4] установлено, что гранулометрический состав почв и подстилающих пород Ишимской степи является преимущественно пылевато-иловатым или иловато-пылеватым легкоглинистым, переслаивающимся иловато-песчаными тяжелыми и средними суглинками. Выявлено некоторое облегчение гранулометрического состава в нижней части покровных лессовидных отложений и отсутствие

изменений гранулометрического состава почв и пород в связи с их положением в мезо- и микрорельефе. Определены параметры основных физических и водно-физических свойств ишимских почв. Таким образом, уважаемыми исследователями установлена важнейшая генетическая особенность гранулометрического состава изучаемых почв и пород – высокое (до 40%) содержание илистой фракции, которое предопределяет многие мелиоративные особенности черноземов южных и лугово-черноземных почв Ишим-Иртышского степного междуречья. Большим удельным весом илистой фракции и, следовательно, преобладанием микропор в составе пор обусловлено низкое содержание капиллярной влаги при влажности на уровне капиллярной влагоемкости (менее 6% объема) и свободной гравитационной влаги при полной влагоемкости (менее 6% объема), что, в свою очередь, предопределяет низкую водоотдачу и небольшую резервную влагоемкость исследуемых почвенно-грунтовых толщ.

В.П. Панфиловым, И.В. Слесаревым, С.Я. Кудряшовой и А.А. Сеньковым [5] выявлены особенности гидрологического состояния почв и подстилающих пород в течение «полуцикла» лет с понижающимся атмосферным увлажнением сезонов вегетации. Установлено, что в центральной, наиболее возвышенной части Ишим-Иртышского степного междуречья уровень грунтовых вод в середине 1980-х гг. располагался на глубине 3–7 м, в восточной части, являющейся пологим склоном поверхности междуречья к долине р. Иртыш, – на глубине 4–10 м. Выявлено, что почвы Ишимской степи благодаря неглубокому залеганию грунтовых вод и высокому содержанию илистой фракции, обусловливающему преобладание в водной фазе почв пленочной и сорбционно-замкнутой воды, характеризовались отсутствием характерного для степных автоморфных почв слоя с постоянно пониженной влажностью (импермацидного, «мертвого»). Под поверхностными горизонтами переменного увлажнения в исследуемых почвах независимо от их положения в рельефе и глубины залегания грунтовых вод наблюдались горизонты наименьшего и капиллярного насыщения. Установлена также вертикальная мощность капиллярной каймы в исследуемых тяжелосуглинистых высоко илистых толщах почв и пород – 2–2,5 м и критическая глубина залегания грунтовых вод – 3,9 м. Выделены основные сезонные процессы формирования профиля влажности ишимских степных почв и приведены горизонты почвенно-грунтовых толщ, в которых они имеют место. На основании учета глубин залегания грунтовых вод, при которых проявляются и не проявляются следы пленочно-капиллярной подпитки почвенных профилей, установлено, при уровне грунтовых вод более 3,9 м на Ишим-Иртышском степном междуречье развиваются автоморфные почвы. При нахождении уровня грунтовых вод в диапазоне глубин от 3,9 до 2,6 м созданы условия для развития полугидроморфных почв; при положении грунтовых вод на глубинах меньших, чем 2,6 м, формируются гидроморфные почвы. Пленочно-капиллярная подпитка слоя активного влагооборота от грунтовых вод, расположенных в среднем за сезон вегетации на глубине 225 см и 170 см, составила в течение летнего сезона 1986 г. соответственно 16 и 50 мм. Особо выделена специфика гидрологического состояния высоко илистых тяжелосуглинистых и легкоглинистых почв Ишимской степи – узость диапазона гравитационной влаги (менее 6% объема), что обусловливает схожесть абсолютных величин влагозапасов в почвах разной степени гидроморфности и вероятность быстрого подъема уровня грунтовых вод при благоприятных условиях (например, в результате орошения или функционирования полезащитных лесополос).

А.А. Сеньковым [6] установлены особенности засоления почв, подстилающих пород и грунтовых вод. Им выявлено, что почвенно-грунтовые толщи плакорных участков характеризуются однотипным, элювиально-иллювиальным строением ионно-солевых профилей не зависимо от уровня грунтовых вод, расположенных на глубинах от 4 до 10 м от земной поверхности. На основании этого сделан вывод, что грунтовые воды не принимают и не принимали участия в засолении ишиских степных почвенно-грунтовых толщ плакорных участков междуречья. Грунтовые воды засолены в строгом соответствии с засолением вмещающих пород, и, следовательно, геохимическая роль этих вод в пределах Ишим-Иртышского степного междуречья, выполненного преимущественно тяжелосуглинистыми и легкоглинистыми высоко илистыми породами, невелика. Позднее А.А. Сеньковым [7] материалы глубо-

копрофильного сопряженного исследования химического состава компонентов ионно-солевого профиля ишимских степных почв (твердых солей, почвенного раствора и поглощающего комплекса) использованы для формулирования концепции галогенеза степных автоморфных почв. На основе структурно-функционального анализа солевых профилей и математического моделирования им установлена ведущая роль солей атмосферных осадков в формировании солевых профилей почв и пород зоны аэрации Ишимской равнины. Показано, что легкорастворимые соли, содержащиеся в материнских породах в небольшом количестве, в процессе почвообразования были заменены или дополнены солями атмосферных осадков. Глубина, степень и химизм засоления почв определяются интенсивностью внутрипочвенного стока, величина которого зависит от условий поверхностного увлажнения микрорельефа и влагоемкости почвообразующих пород.

Ю.В. Кравцовым [8] сопряженно глубокопрофильно изучен водный режим автоморфных и полугидроморфных почв Ишимской степи в течение «полуцикла» лет с понижающимся атмосферным увлажнением сезонов вегетации; выявлены особенности, основные черты различия и сходства этого режима в южных черноземах и лугово-черноземных почвах, обусловленные положением почв в рельефе, глубиной залегания грунтовых вод, тяжелым гранулометрическим составом и водно-физическими свойствами почвообразующих и подстилающих пород. Установлено, что в отличие от черноземов южных лугово-черноземные почвы микропонижений на поверхности междуречья (средний уровень грунтовых вод за летний период 3,5 м) аккумулируют больше (на 40–60 мм) поверхностных, в основном, талых снеговых вод, а черноземно-луговые почвы крупных котловин рельефа (уровень грунтовых вод 2,2–2,6 м) дополнительно увлажняются за счет грунтовых вод. Однако, вследствие тяжелого высоко илистого гранулометрического состава, ультрапористости и повышенной гигроскопичности почвообразующих и подстилающих пород, их толща ниже слоя эваподесуктивного иссушения независимо от положения в рельефе обводнена преимущественно сорбированной влагой, а потому пленочно-капиллярная подпитка корнеобитаемого слоя от грунтовых вод даже в почвах с уровнем грунтовых вод 2,0–2,5 м невелика – до 40 мм за летний период или до 16% суммарного расхода влаги под яровыми зерновыми, а на почвах с уровнем грунтовых вод 4–5 м и более – она не выражена. Имеющиеся различия в увлажнении почв обусловили отличительные черты их температурных режимов, что проявляется в запаздывании (на 7–20 дней) весеннего оттаивания – прогревания и осеннего охлаждения – промерзания нижних слоев лугово-черноземных почв, в пониженной температуре слоя активного влагооборота (на 1–3° на глубине 0,8 м во второй декаде июля), в более плавном суточном и годовом ходе температур в лугово-черноземных почвах по сравнению с черноземами [9]. Установлено, что зимняя термоградиентная миграция влаги имеет место лишь в нижних, хорошо увлажненных горизонтах автоморфных и полугидроморфных почв и в подстилающих породах. Роль этой миграции в погашении дефицита влажности в слое эваподесуктивного иссушения ничтожна, но значима как процесса, способствующего возникновению и поддержанию условий анаэробиозиса в почвах [10]. Уточнены тип, подтип и класс водного режима изучаемых почв по классификации А.А. Роде и подтип температурного режима по классификации В.Н. Димо. Проведено сравнение элементов водного баланса и температурного режима южных черноземов и лугово-черноземных почв по сезонам года. Дана агромелиоративная оценка режимов и баланса влаги и тепла в исследованных почвах и прогнозирован характер их возможных изменений при орошении в условиях Ишимской степи.

Позднее Ю.В. Кравцовым [11] систематизирован фактический материал по природным условиям почвообразования в Ишимской степи, генетическим особенностям, водному и температурному режимам черноземов южных Ишим-Иртышского степного междуречья, на основании которого предположено первично-автоморфное происхождение черноземов южных Ишимской степи и намечен вероятный путь их развития в течение второй половины голоцена. В качестве главного фактора естественного развития исследуемых черноземов выделен климатический.

Материалы многолетних почвенно-гидрологических наблюдений в течение «полуциклов» с понижающимся и возрастающим атмосферным увлажнением послужили базой для выявле-

ния условий формирования дополнительного увлажнения почв и для формулирования положения о динамичности степени гидроморфности почв степной зоны Ишимской равнины под воздействием антропогенных и природных факторов. Для этого в автоморфных и гидроморфных почвах Ишимской степи установлены баланс влаги и выявлены особенности температурного режима при различных метеоусловиях основных сезонов года, динамика расхода влаги под посевами сельскохозяйственных культур, урожайность культурных растений в разные по гидротермическим условиям периоды вегетации [12]. Установлены механизмы внутригодовых, межгодовых и многолетних изменений степени гидроморфности почв вследствие динамичности природных и антропогенных условий почвообразования [13]. Установлена роль лесополос и приподнятых полотен дорог в формировании гидрологического состояния почв Ишимской степи и в обратимых переходах этих почв из автоморфного режима в полугидроморфный. По результатам исследования сформулированы рекомендации по рациональному использованию почв при изменениях степени их гидроморфности.

В течение последнего «полуцикла» лет с возрастающим атмосферным увлажнением сезонов вегетации (2000–2016 гг.) установлено устойчивое положение уровня грунтовых вод выше критической глубины на плакорных участках центральной части Ишим-Иртышского степного междуречья (2,5–3,5 м). В летний сезон 2018 г. в ходе полевой практики студентов НГПУ выявлены морфологические изменения почвенных профилей вследствие подъема грунтовых вод выше критической глубины на распаханных плакорных участках, а также вследствие функционирования полезащитных лесополос 45-летнего возраста. При сравнении почвенных разрезов в полезащитной лесополосе на плакорном участке междуречья и разреза 7 на плакорном участке водораздела под пашней, установлены следующие морфологические отличия.

1. В опорных разрезах лесополосы присутствует горизонт дернины мощностью до 5 см и, соответственно, отсутствует пахотный горизонт.

2. Вертикальная мощность гумусово-аккумулятивного горизонта в черноземе южном лесополосы достигает 30–45 см, в то время как в пахотном южном черноземе его вертикальная мощность составляет 21 см.

3. Глубина залегания верхней границы карбонатного горизонта в почвенных разрезах лесополосы составляет 90–100 см, в то время как в южном черноземе пашни верхняя граница карбонатного горизонта расположена на глубине 50 см.

4. Если в чернозёме южном пашни наблюдается вскипание от HCl с поверхности до глубины 73 см, то в черноземе лесополосы вскипание от соляной кислоты наблюдается с глубины 90–100 см до нижнего края почвенных разрезов (180–200 см).

Наличие дернового горизонта в черноземах лесополосы связано, по-видимому, с отсутствием их распашки в течение последних 45 лет. Более высокая вертикальная мощность гумусового горизонта в черноземе южном лесополосы, очевидно, объясняется как отсутствием распашки, так и более благоприятными условиями увлажнения, в основном талыми снеговыми водами и, соответственно, более богатым травостоем, фитомасса которого ежегодно не изымается из биологического круговорота вещества в лесополосе. Более глубокое вскипание от соляной кислоты, более глубокое положение карбонатного горизонта и отсутствие друз гипса в пределах почвенных разрезов предопределены, по всей вероятности, ежегодным более глубоким и даже сквозным промачиванием черноземов лесополосы талыми снеговыми водами. Таким образом, функционирование полезащитной лесополосы на плакорном участке Ишим-Иртышского степного междуречья привело к формированию заметных морфологических отличий черноземов южных от соседних пахотных черноземов.

При сравнении морфологии разреза на плакорном участке под пашней, оформленного в 2018 г., с описанием опорного разреза 7, заложенного на том же распаханном плакорном участке междуречья в 1986 г., установлено, что в нижней части почвенного профиля в 2018 г. визуально не прослеживаются кристаллы гипса, хорошо заметные и четко зафиксированные в описании 1986 г. Кристаллы гипса также визуально не отмечены еще в двух почвенных разрезах на других распаханных плакорных участках центральной части Ишим-Иртышского

степного междуречья, заложенных летом 2018 г. Отсутствие четко различимых визуально кристаллов гипса в нижней части почвенных разрезов 2018 г. связано, по-видимому, с нахождением грунтовых вод выше критической глубины в течение последних лет.

Основной задачей дальнейших исследований в Ишимской степи является установление динамики гидрологического состояния и свойств почв в течение начавшегося «полуцикла» лет с понижающимся атмосферным увлажнением.

Литература

1. Панфилов В.П., Слесарев И.В., Сеньков А.А. и др. Особенности почвенно-мелиоративных условий степной зоны Омской области // Мелиорация и водохозяйственное строительство в Омской области: тезисы докл. к конф. Омск, 1987. С. 16–17.
2. Черноземы: свойства и особенности орошения. Новосибирск: Наука, 1988. 254 с.
3. Азьмука Т.И., Кравцов Ю.В. Агроклиматические особенности территории // Черноземы: свойства и особенности орошения. Новосибирск: Наука, 1988. С. 30–39.
4. Слесарев И.В., Кудряшова С.Я. Гранулометрический состав и водно-физические свойства почв и подстилающих пород // Черноземы: свойства и особенности орошения. Новосибирск: Наука, 1988. С. 39–47.
5. Панфилов В.П., Слесарев И.В., Кудряшова С.Я., Сеньков А.А. Современное гидрологическое состояние почв и подстилающих пород // Черноземы: свойства и особенности орошения. Новосибирск: Наука, 1988. С. 47–57.
6. Сеньков А.А. Особенности засоления почв, подстилающих пород и грунтовых вод // Черноземы: свойства и особенности орошения. Новосибирск: Наука, 1988. С. 57–71.
7. Сеньков А.А. Галогенез степных почв (на примере Ишимской равнины). Новосибирск: изд-во СО РАН, 2004. 152 с.
8. Кравцов Ю.В. Водный режим южных черноземов Ишимской степи // Сибирский экологический журнал. 2006. № 2. С. 235–242.
9. Кравцов Ю.В. Температурный режим черноземов южных и лугово-черноземных почв Ишимской степи // Сибирский экологический журнал. 2006. № 2. С. 227–234.
10. Кравцов Ю.В. Миграция влаги и изменение профиля влажности почвогрунтов Ишимской степи в зимний период // Сибирский биологический журнал. 1992. Вып. 6. С. 22–26.
11. Кравцов Ю.В. Черноземы Ишимской степи. Новосибирск: изд-во НГПУ, 2004. 213 с.
12. Кравцов Ю.В. Изменения в режиме влажности плакорных почв Ишимской степи при подъеме грунтовых вод // Вестник Том. гос. ун-та. 2009. № 325. С. 176–181.
13. Кравцов Ю.В. Подъем грунтовых вод в Ишимской степи // Сибирский экологический журнал. 2009. № 2. С. 217–222.

MAIN RESULTS OF SOIL-MELIORATIVE INVESTIGATIONS IN THE ISHIM STEPPE

Yu.V. Kravtsov

Novosibirsk State Pedagogical University, Russia, Novosibirsk, kravtsov60@mail.ru

Summary. *The main results of long-term soil-meliorative surveys on the Ishim-Irtysh steppe interfluve are presented. The investigations essential content of the Institute of Soil Science and Agrochemistry, as well as the Novosibirsk Pedagogical University workers for studying the Ishim steppe soils is shown.*

Keywords: *chernozems southern, meadow-chernozem soils, water regime, groundwater level, long-term dynamics.*

УДК 631.42

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОГО АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

С.Я. Кудряшова[1], А.С. Чумбаев[1], И.А. Пестунов[2], А.Н. Безбородова[1], С.С. Курбатская[3], С.А. Рылов[2], Ю.Н. Синявский[2], С.Г. Курбатская[3]

[1] Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, sya55@mail.ru
[2] Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск, pestunov@ict.sbras.ru
[3] ГБУ Убсунурский международный центр биосферных исследований, Кызыл, ubsunur_center@mail.ru

Аннотация. *Рассмотрена возможность использования количественных характеристик температурного режима, полученных в результате анализа временных рядов температурного мониторинга и спутниковых данных, для целей картографического моделирования структурной организации почвенного покрова тундрово-степных комплексов Алтае-Саянского региона.*
Ключевые слова: *почвы, неоднородность температурного поля, наземные автоматизированные комплексы, спутниковые данные, картографическое моделирование.*

В настоящее время с внедрением дистанционных и автоматизированных методов в практику почвенно-экологических исследований разрабатывается новое и перспективное направление – использование показателей температурного режима в решении задач по созданию методологических основ выделения и типологии структурных и функциональных границ почвенного покрова. В наиболее полном виде факторы, определяющие свойства почв в определенной точке исследуемого пространства, отражены в модели SCORPAN – почвенной пространственно предсказывающей функции, которая предполагает, что одинаковому сочетанию почвообразующих факторов – предикторов соответствуют почвы сходного генезиса, а границы почвенных структур обусловлены изменением факторов дифференциации почвенного покрова [1]. Выделение наиболее информативных предикторов осуществляется с использованием подходов педотрансферного метода, позволяющих рассчитывать педотрансферные функции – уравнения связи, описывающие функциональные соотношения базовых почвенных свойств и характеристик почвенно-географического пространства [2–5]. Основное отличие данной методологии состоит в том, что по совокупности выбранных количественных почвенно-экологических показателей можно перейти к ее таксономической характеристике. Такой подход позволяет по совокупности однородных почвообразующих факторов-предикторов пространственно разделить ареалы почв и проводить между ними контурные границы.

Для целей тематического картографирования используются свойства почв, которые наиболее тесно коррелируют с экологическими характеристиками и обусловлены действием факторов почвообразования. Учитывая, что температурный режим является одним из наиболее значимых экологических факторов, который совместно с гидрологическим режимом характеризует общий энергетический уровень формирования и функционирования почвенного покрова, для прогнозирования пространственного распределения почв широко используются показатели температурного режима, полученные с использованием данных дистанционных и автоматизированных исследований [6, 7]. Неоднородность температурного поля почв, согласно результатам исследований, полученных в последние десятилетия, как в нашей стране, так и за рубежом, оказывает определяющее влияние на генезис физико-химических свойств и режимов почв и рассматривается в качестве ведущего фактора структурно-функциональной организации почвенного покрова.

Отработка методических положений выделения почвенно-экологических границ с использованием показателей температурного режима была проведена на примере типологических единиц тундрово-степных комплексов высокогорного плоскогорья Укок, в структуре почвенного покрова которого контрастно сочетаются горно-тундровые и горно-степные почвы,

резко различающиеся по условиям формирования, физико-химическим свойствам и режимам функционирования. Ключевые участки были выбраны с учетом принципов ландшафтного районирования, которые позволяют распознавать, классифицировать и картировать ландшафтно-дифференцирующие факторы, компоненты ландшафта, региональную ландшафтную структуру в целом и ее динамические особенности.

Количественные характеристики температурного режима были получены в результате анализа временных рядов температурного мониторинга, полученных с использованием наземных автоматизированных комплексов и спутниковых данных. Наземный автоматизированный мониторинг был организован с использованием специализированного регистратора температуры DS-1921 “Thermochron” с учетом показателей, отражающих генетическое единство типов климата высокогорий Алтае-Саянского региона. В настоящее время разработан и имеет широкое применение особый класс измерительных устройств, объединенных термином Data Loggers, который подразумевают безбумажные средства сбора и накопления измерительной информации. Data Loggers являются полностью автономными приборами, имеющими в составе конструкции собственный источник энергии, микропроцессорное устройство управления с большим объемом энергонезависимой памяти для хранения накапливаемых данных и узел часов реального времени. Для изучения температурного режима автономные регистраторы температуры были установлены на поверхности почвы и по горизонтам почвенного профиля. Для фиксации температуры воздуха, был установлен автономный регистратор на высоте 2 м от поверхности почвы в условиях исключающих солнечную радиацию. В результате выполненных наблюдений был получен большой объем фактических данных, который использовался в качестве базовой основы для расчета количественных характеристик температурного режима воздуха и почв [8].

Новым направлением, которое разрабатывается совместно с ИВТ СО РАН И ЦСБС СО РАН, является выявление возможности картографического моделирования структурной организации и функционирования почвенного покрова тундрово-степных комплексов высокогорий Алтае-Саянского региона на основе результатов изучения температурных полей, полученных с использованием методов совместного анализа наземных автоматизированных измерительных комплексов и спутниковых данных. В результате анализа данных временных рядов температурного мониторинга было установлено значительное различие характеристик почвенного климата исследованных типов тундрово-степных комплексов. Наиболее значимые отличия выявлены для показателей годовой, сезонной и суточной динамики температурного режима почв. Качественное различие почвенного климата так же было установлено на основе анализа данных таких показателей как суммы положительных и отрицательных температур в почвенном профиле, годовых и сезонных амплитуд температур, значений максимальных и минимальных температур, а также скорости промерзания и оттаивания на разных глубинах почвенного профиля.

Распределение средних дневных и ночных температур июля-августа в районе плоскогорья Укок за 15-и летний период (2001–2016 гг.) были получены по данным сенсора MODIS (продукт MOD11), установленным на спутниках Terra/Aqua. Обработка данных MODIS производилась на программно-аппаратном комплексе обработки спутниковых данных ИВТ СО РАН [9, 10].

Интерпретация выделения типологических единиц структурной и функциональной организации почвенного покрова представлена на основе статистического анализа совмещения границ и информационного содержания контуров почвенного покрова и границ температурных полей, полученных на основе анализа спутниковых данных дневных, ночных температур и разницы температур, полученных путем вычитания двух скомпилированных серий (рис. 1).

Картографическая модель дневных температур дает отчетливое представление о границах почвенных контуров, степных, тундровых и тундрово-степных почв функционирование которых осуществляется в диапазоне температур от +10 до +30°С. Температурные поля, построенные на основе значений ночных температур, так же с высокой степенью достоверности отражают пространственные границы тундровых комплексов, формирование и функционирование которых осуществляется в диапазоне как положительных, так и отрицательных температур.

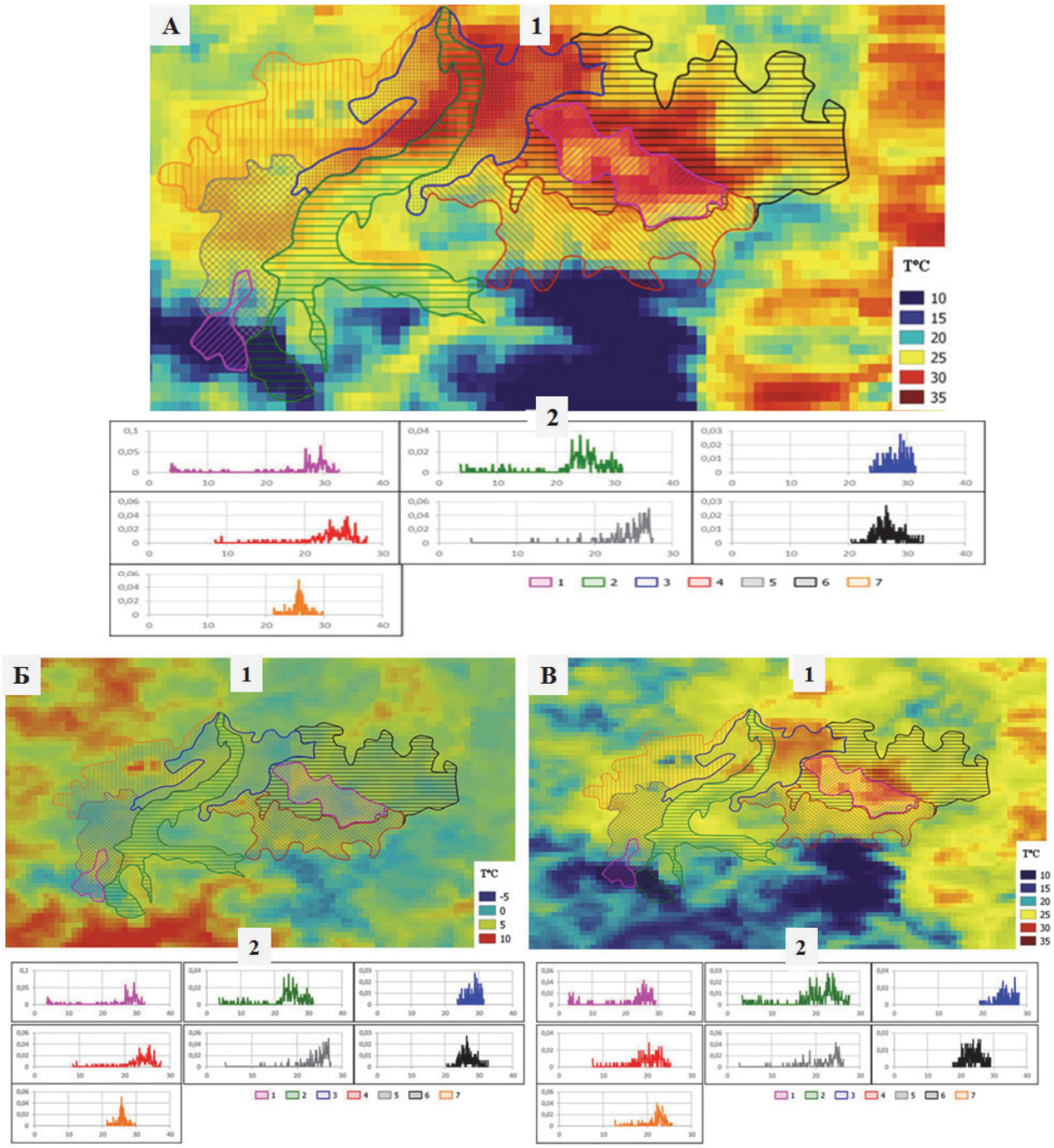


Рис. 1. Картографические модели температурных полей плоскогорья Укок, полученные на основе анализа спутниковых данных (А) дневных, (Б) ночных температур и (В) данных распределения разности между дневными и ночными температурами. 1 – пространственное распределение дневных температур тундрово-степных комплексов. 2 – статистический анализ совмещения границ и информационного содержания почвенных контуров и температурных полей

Следует отметить, что температурные поля в диапазоне от –5 до +5°С довольно отчетливо совпадают с границами распространения криофитных степей, причем, как в дневное, так и в ночное время, границы степей отчетливо дифференцируются от других природных комплексов. Картографическая модель температурных полей, построенная на основе данных распределения разницы между дневными и ночными температурами, может использоваться для получения дополнительной информации о границах тундрово-степных комплексов, формирование и функционирование которых осуществляется в экстремальных условиях – ультравысоких, или ультранизких значений температур, таких как криофитные степи или тундры, расположенные в зоне влияния ледников.

В результате выполненных исследований впервые для выделения структурных единиц почвенного покрова высокогорий Алтае-Саянского региона были использованы количест-

венные характеристики, неоднородности температурного поля, полученные в результате совместного анализа временных рядов температурного мониторинга и спутниковых данных.

Интерпретация выделения типологических единиц структурной организации почвенного покрова представлена на основе статистического анализа совмещения границ и информационного содержания контуров почвенного покрова и границ температурных полей – дневных и ночных температур, а также разницы температур двух скомпилированных серий, рассчитанных за 15-летний период.

Новизна подхода заключается в том, что картографические модели температурных полей, созданные на основе количественных показателей температур, обладают достаточной информативностью, позволяющей устанавливать взаимосвязи температурного режима с другими характеристиками объектов природной среды и подойти к решению проблемы выделения и типологии почвенно-экологических границ.

Литература

1. McBratney A.B. Mendonca Santos Brefin M., Minasny B. On digital soil mapping. Geoderma, 2003. 117(1-2). pp. 3-52.
2. Bouma J. Using soil survey data for quantitative land evaluation. Advances in Soil Science, 1989. V. 9. pp. 177-213.
3. Pachepsky, Ya. A., Rawls, W.J. Accuracy and reliability of pedotransfer functions as affected by grouping soils. – Soil Sci. Soc. Am. J., 1999 V. 63. pp. 1748-1757.
4. McBratney A.B., Minasny B., Cattle S., Vervoort R. From Pedotransfer functions to soil inference systems. Geoderma, 2002. V. 109 (1-2). pp. 41-73.
5. Shein E.V., Arkhangel'skaya T.A. Pedotransfer functions: State of the art, problems, and outlooks. – Eurasian Soil Science, 2006. V. 10. pp.1089-1099.
6. McBratney A. B., Minasny B. On measuring pedodiversity. Geoderma, 2007. V.141. pp. 149-154.
7. Van De Kerchovea, Lhermitte S., Veraverbekea S., Goossens R. 2013. Spatio-temporal variability in remotely sensed land surface temperature, and its relationship with physiographic variables in the Russian Altay Mountains. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 1999. V. 20. pp. – 4–19.
8. Кудряшова С.Я., Курбатская С.С., Чумбаев А.С., Миронычева-Токарева Н.П., Самдан А.М., Курбатская С.Г., Безбородова А.Н., Миллер Г.Ф., Соловьев С.В. Создание системы геоэкологического мониторинга охраняемых территорий Алтае-Саянского региона: дистанционные, автоматизированные и современные полевые и лабораторные методы исследования почвенного и растительного покрова высокогорий // Сборник материалов XIII Убсунурского Международного симпозиума «Экосистемы Центральной Азии: исследование, сохранение, рациональное использование». Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2016. С. 40–51.
9. Pestunov I.A., Rylov S.A., Berikov V.B. Hierarchical clustering algorithms for segmentation of multispectral images. – Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, 2015. V.4. pp. 329-338.
10. Sinyavskiy Y.N., Pestunov I.A., Dubrovskaya O.A., Rylov, S., Melnikov P.V., Ermakov N.B., Polyakova M.A. Methods and technology for segmentation of images with high spatial resolution for studies of nature and man-made objects. – Journal of Computational Technologies, 2016. V. 1. pp. 127-140 (In Russ.).

INVESTIGATION OF THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ORGANIZATION OF THE SOIL COVER ON THE BASIS OF A JOINT ANALYSIS OF THE TEMPERATURE FIELDS OBTAINED USING GROUND-BASED MEASURING COMPLEXES AND SATELLITE DATA

S.Ya. Kudryashova, A.S. Chumbaev, I.A. Pestunov, A.N. Bezborodova, S.S. Kurbatskaya, S.A. Rylov, Y.N. Sinyavskiy, S.G. Kurbatskaya

[1] Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB of RAS, Novosibirsk, sya55@mail.ru
[2] Institute of Computational Technologies, SB of RAS, Novosibirsk, pestunov@ict.sbras.ru
[3] Ubsunur International Centre for Biosphere Researches, Kyzyl ubsunur_center@mail.ru

Summary. *The possibility of using the quantitative characteristics of the temperature regime obtained as a result of a joint analysis of time series of temperature monitoring and satellite data is considered for the purposes of cartographic modeling of the structural organization of the soil cover of tundra-steppe complexes in the Altai-Sayan region.*

Keywords: *soils, temperature field heterogeneity, ground-based automated complexes, satellite data, cartographic modeling.*

УДК 631.41; 631.5

ТЕРМОГРАДИЕНТНЫЙ ПЕРЕНОС ВЛАГИ В ПОЧВЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТЕНИЯМИ

Н.Ф. Кулик

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, kuliknf@mail.ru

Аннотация. *Термоградиентный перенос влаги в почвах является глобальным явлением и связан с ритмом поступления солнечного тепла на землю. В статье рассмотрен механизм термоградиентного (парожидкостного) переноса влаги. Отмечен эффект прямолинейного движения пара в поровом пространстве. Это явление обуславливает конденсацию дистиллята почвенного раствора на корнях растений. Установлена зависимость термоградиентного переноса от температуры порового пространства и его величины, влажности и засоления почвогрунтов. Отмечается важнейшее значение термоградиентного переноса пара в водном питании растений.*

Ключевые слова: *конденсация влаги, термоградиентный перенос влаги, парожидкостной поток, эффект прямолинейного движения пара, дистиллят почвенного раствора, водопитание растений.*

Дневной прогрев почвы летом вызывает тепловой поток, достигающий глубины 40–50 см. Поток строгой вертикальной направленности проникает через все компоненты почвы: минеральную (твёрдую), воду (капиллярную, менисковую и плёночную), а также через поровое пространство, которое занимает до 50% объёма. Тепловой поток передаётся посредством молекулярной теплопроводности, лучеиспускания в поровом пространстве и влагопереносом. Сущность влагопереноса следующая: в поровом пространстве при дневном прогреве верхняя поверхность поры тёплая. Здесь происходит испарение. Нижняя часть поры холодная. Здесь происходит конденсация (рис. 1). Вследствие этого объём воды увеличивается и она перетекает на верхнюю плоскость нижней поры. Процесс испарения и конденсации повторяется. Ночью направление теплового потока меняется на противоположное (рис. 1). Тепло и влага двигаются к поверхности. А. М. Глобус [1] назвал этот поток парожидкостным. Мы, в свою очередь определили в этом потоке эффект прямолинейного движения пара [2-4]. Пар, передвигающийся в поровом пространстве под действием температурных градиентов, не огибает расположенный в поре предмет, назовём его паронепроницаемым экраном, а конденсируется на его поверхности, т. к. она «холодная» по отношению к нагретой поверхности поры. Представление о том, что пар может двигаться в почве извилистыми путями не имеет под собой физического основания. «Извилистый путь» лежит не в изотермическом пространстве, а находится в зоне тепловой волны и имеет тёплую поверхность и холодную, где возникает закономерный перенос с тёплой стороны на холодную, не более.

Паронепроницаемым экраном могут быть корни, расположенные в почвенной поре. На корнях конденсируется влага и это уже дистиллят почвенного раствора. Он легко усваивается растениями. Кроме суточных пульсационных колебаний температур в почвогрунтах существуют сезонные колебания, достигающие глубины 12–19 м. Сезонный перенос влаги фиксируется по всей глубине прогрева, однако по мере углубления он сокращается. В летний период через плоскость на глубине 50 см в нижние горизонты переносится 5,1 мм; на глубине 1 м 3,3 мм воды; на глубине 2 м – 2,0 мм; на глубине 3 м – 1,2 мм. Примерно такое же количество влаги в зимний период возвращается вверх. На глубине постоянных температур перенос отсутствует. Это «мёртвая» зона.

Количественные показатели термоградиентного потока влаги нами изучены путём моделирования переноса в поровом пространстве. Предполагается, что в термоградиентном потоке объём переноса воды в твёрдой части почвы такой же, как и в поровом пространстве. Моделирование порового пространства осуществлено с помощью двух горизонтально расположенных плоскостей, удалённых друг от друга в большинстве случаев на расстояние 3 мм. Площадь плоскостей была 148 см^2 (стеклянный цилиндр) и 49 см^2 (пластиковая рамка). Теп-

ловой носитель обычно располагался в нижней части конструкции. Обычно его температура была комнатной (23-26ºС). Верхняя плоскость выполняла функцию холодильника. Это была типографская фольга, на которую ставилась алюминиевая ёмкость с водой, температура которой выдерживалась в пределах 19-22ºС. Позиция экспонировалась обычно 3 мин. После экспонирования фольга с конденсатом покрывалась точно такой же фольгой во избежание испарения и взвешивалась. Количественные показатели переноса получены в опытах, где тепловой носитель представлен: 1) почвой; 2) водой и 3) мокрой фильтровальной бумагой.

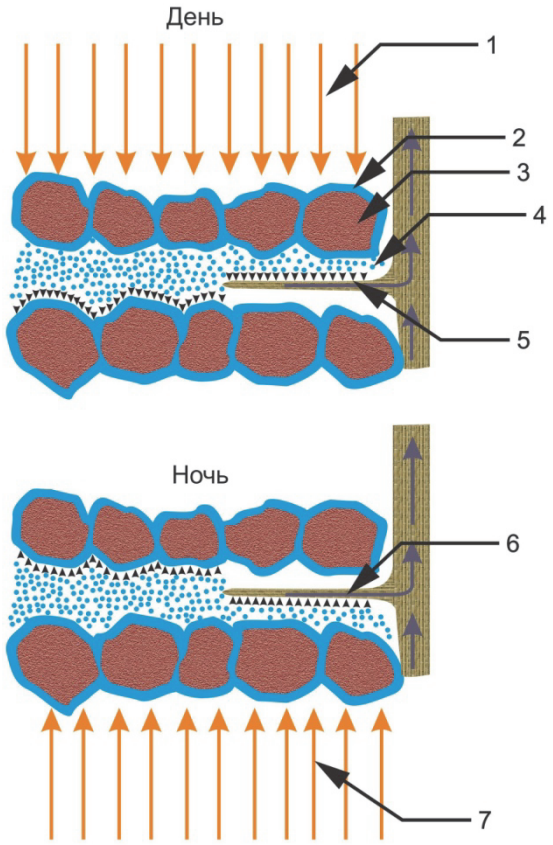


Рис. 1. Схема суточного термоградиентного переноса влаги в почве. 1 – Дневной поток тепла в почву; 2 – Плёночная, менисковая и капиллярная вода; 3 – Минеральная часть почвы; 4 – Парообразная влага; 5 – Плоскость конденсации; 6 – Корни растений и движение воды в них; 7 – Ночной поток тепла.

Опыты с почвой. В чашку Петри по самую кромку загружался песчаный грунт (НВ 6%, МГ 1,5%) с весовой влажностью от 20 до 0,2%. На чашку ставилась плоская рамка, фольга и ёмкость с водой. Почва имела комнатную температуру. Опыты с почвами показали весьма интересную особенность. Образцы с влажностью от 20% до 3% имели близкие коэффициенты термоградиентного переноса (0,0060-0,0067 см^2/ºС·час (табл. 1)).

Таблица 1

Интенсивность переноса влаги в зависимости от влажности почв при температуре 25ºС*, см^2/ºС·час

Влажность, %	20	15	10	5	3	2	1	0,5	0,3
Перенос	$61\cdot10^{-5}$	$60\cdot10^{-5}$	$67\cdot10^{-5}$	$63\cdot10^{-5}$	$63\cdot10^{-5}$	$36\cdot10^{-5}$	$15\cdot10^{-5}$	$3{,}6\cdot10^{-5}$	$1{,}6\cdot10^{-5}$

* В таблицах приведены представительные цифры, взятые непосредственно из опытов, но не средние. Они будут уточняться по мере совершенствования методик. В работе приняли участие сотрудники отдела А. С. Хныкин и Р. Н. Балкушкин, за что автор выражает им искреннюю благодарность.

Только при снижении влажности ниже ВЗ (2%) перенос резко уменьшался. Примерно такую же особенность мы отмечали ранее [4]. Здесь следует вспомнить вывод А. Ф. Лебедева [6] о том, что влажность почвенного воздуха при влажности МГ и более всегда равна 100%.

Вероятно, отсюда и стабильный термоперенос во влажных почвах. Рекогносцировочные опыты с глинистыми почвами дали такие же результаты. Показатели переноса влаги, полученные в модификации порового пространства, совпадают с показателями переноса влаги в почвенных монолитах [1, 7].

Опыты с водным тепловым носителем. Выполнены для определения коэффициента термоградиентного переноса в зависимости от температуры порового пространства. Использовался стеклянный цилиндр, площадь поверхности воды в котором была 148 $см^2$, который наполнялся водой до уровня ниже кромки на 3 мм с температурой от 5°С до 35°С. Температура холодного устройства в каждом случае была ниже на 3–4°С. Опыты показали тесную связь интенсивности переноса с температурой порового пространства и соответственно с количеством водяного пара в единице объёма воздуха. При увеличении температуры порового пространства от 5 до 30°С интенсивность переноса увеличивалась от 0,0002 до 0,0013 $см^2/^oС·час$ (табл. 2).

Таблица 2

Интенсивность термоградиентного переноса влаги в зависимости от температуры порового пространства, $см^2/^oС·час$

Температура порового пространства, °С	5	10	15	20	25	30
Перенос влаги	$2·10^{-4}$	$3{,}4·10^{-4}$	$5·10^{-4}$	$7·10^{-4}$	$9·10^{-4}$	$13·10^{-4}$
Количество водяных паров в 1 $м^3$ воздуха, г	6,2	9	12	17	24	30

Возрастание коэффициента влагопереноса по мере роста температуры идёт по экспоненте $y=0{,}00018·e^{0{,}0633x}$. Тёплые грунты по интенсивности влагопереноса на порядок выше холодных.

Опыты с мокрой фильтровальной бумагой. Эти опыты проведены с целью определить интенсивность переноса влаги при малых величинах порового пространства (0,02–0,03 см) с использованием плёночных рамок. На плоский металлический круг диаметром 15 см и толщиной 3,8 см ложится мокрая фильтровальная бумага. Минимальная величина переноса характерна для мелких пор (табл. 3). По мере увеличения порового пространства перенос увеличивался. В крупных порах (> 0,5 см) появляется конвекционный перенос.

Таблица 3

Интенсивность термоградиентного переноса влаги в зависимости от величины порового пространства при температуре 19 °С, $см^2/^oС·час$

Величина порового пространства, см	0,03	0,1	0,3	0,5	1	3	5
Перенос влаги	$1{,}1·10^{-4}$	$2·10^{-4}$	$3·10^{-4}$	$3{,}5·10^{-4}$	$6·10^{-4}$	$9·10^{-4}$	$14·10^{-4}$

На фильтровальной модели изучалось влияние засоления на термоградиентный перенос влаги. Фильтровальная бумага смачивалась раствором NaCl разной концентрации. Оказалось, при смачивании бумаги дистиллированной водой перенос составил 0,0007 $см^2/^oС·час$, при смачивании раствором концентрацией 1 г/л перенос сократился до 0,00043 $см^2/^oС·час$. Дальнейшее увеличение концентрации раствора практически на перенос не влияло. Эти опыты свидетельствуют о более высокой агрономической ценности структурных почв по сравнению со слитыми глинистыми почвами и засолёнными.

Вегетационные опыты.

1. Опыты с посевами пшеницы выполнены в 2-литровых стеклянных цилиндрах с мелкозернисто-пылеватым песком (НВ 6%). В цилиндрах высевалось по 20 зёрен. Часть цилиндров была выставлена в поле, другая часть помещена в термостат при температуре 32°С. На шестые сутки после посева оказалось, что в полевых условиях, где колебания температуры составили 22°С всхожесть составила 85%, суммарная длина стеблей 128 см, суммарная длина корней 175 см. В изотермических условиях всхожесть была 50%, суммарная длина стеблей 5 см, суммарная длина корней 80 см [4].

2. Выращивание пшеницы на дистилляте водного раствора. Опыт проводился в чашках Петри. На крышку герметиком наклеивалась толстая ткань (драп). На дно чашки наклеивались 20 зёрен пшеницы. Ткань смачивалась питьевой водой (0,3 г/л). Чашки в конце мая устанавливались в почву на глубину 5, 10, 15 и 20 см. Здесь же выполнен контрольный посев. Через 9 суток чашки были вскрыты. В каждой из них были проростки (рис. 2). Все растения здесь выросли на дистилляте водного раствора из ткани. На глубине 5 см величина проростков мало отличалась от контрольного посева. По мере углубления величина проростков уменьшалась. Мы связываем это с уменьшением колебаний температур и уменьшением термоградиентного переноса влаги.

Рис. 2. Проростки пшеницы, выращенные на дистилляте водного раствора по глубинам:
а) контроль; б) глубина 5 см; $б_1$) глубина 10 см; в) глубина 15 см; $в_1$) глубина 20 см

3. Влияние направления термоградиентного потока влаги на прорастание пшеницы. Опыт проводился в чашках Петри, подготовленных так же как в опыте 2. Собрали 5 чашек в одну колонну, обмотали по бокам поролоном и колонну поместили в металлический цилиндр. Сверху поставлена 15-ваттная электрическая лампочка, которая горела в течение 7 дней. Температура на поверхности верхней чашки была 37°С, на нижней 27°С. Через 7 дней во всех чашках появились проростки таких же размеров, как и в предыдущем опыте.

В следующем варианте этого же опыта источник тепла был помещён под чашками Петри. После 9 суток прогрева из 100 зёрен в 5 чашках не проросло ни одного зерна. Тепловой поток «отжал» парообразную влагу, хотя мокрая ткань находилась в 2 мм от зёрен. Этот опыт мы использовали для обоснования эффекта прямолинейного движения пара при термоградиентном переносе влаги.

Выводы:

1. Термоградиентный перенос влаги в почвах является глобальным явлением и связан с ритмом поступления солнечного тепла на Землю.

2. Термоградиентный перенос влаги представлен парожидкостным потоком, сущность которого следующая: днём вследствие теплового потока на верхней тёплой плоскости почвенной поры происходит испарение, а на нижней холодной плоскости поры происходит конденсация. Вследствие увеличения здесь объёма воды она перетекает на верхнюю плоскость нижележащей поры, где процесс испарения и конденсации повторяется. Ночью ситуация кардинально меняется. Вследствие охлаждения поверхности почвы парожидкостной поток направлен вверх.

3. В термоградиентном переносе влаги существует эффект прямолинейного движения пара от тёплой стороны к холодной. В почвенной поре пар не огибает паронепроницаемый экран, а конденсируется на нём.

4. Корни растений являются паронепроницаемым экраном, что обеспечивает на них конденсацию парожидкостного потока. Массовое размещение корней в почвенных порах обеспечивает им суммарное поглощение воды в объёмах, достаточных для водопитания растений.

5. В тёплый период года величина парожидкостного потока находится в пределах 0,00060-0,00067 $см^2/^oC \cdot час$. В холодных грунтах, на глинистых и засолённых почвах перенос снижается многократно.

6. Термоградиентный перенос влаги является важнейшим условием жизни почв и его, образно говоря, можно назвать продолжением солнечного излучения в почвенных горизонтах. Есть основания рассматривать корневую систему как горизонтально расположенную водоулавливающую сетку. Вследствие термоградиентного движения влаги в каждой поре формируется поток дистиллята почвенного раствора, который орошает всё живое, находящееся в почве: корни растений, семена, холоднокровных животных.

Литература

1. Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв: Гидрометеоиздат. Л., 1969. С. 352.
2. Кулик Н.Ф. Чудо, которого нет. // Наука и жизнь. 2011. № 5. С. 72–73.
3. Кулик Н.Ф. О термоградиентном переносе влаги в песчаных почвах // Почвоведение. 1967. № 12. С. 86–100.
4. Кулик Н.Ф. Водный режим песков аридной зоны. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. С. 279.
5. Кулик Н.Ф. О возможности конденсации атмосферной влаги в почве. // Бюллетень почвенного ин-та. им. В.В. Докучаева. М., 2016. Вып. 93. С 41–51.
6. Лебедев А.Ф. Почвенные и грунтовые воды. М., 1936.
7. Федяева Е.А. Закономерности неизотермического переноса влаги в песчаных и пылеватых грунтах: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2015.

THERMOGRADIENT TRANSFER OF MOISTURE IN THE SOIL AND ITS SUITABILITY FOR PLANTS

N.F. Kulik

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, vnialmi-nir@mail.ru

Summary. *Thermogradient moisture transfer in soils is a global phenomenon and is associated with the rhythm of solar heat transfer to the earth. The article describes the mechanism of thermogradient (vapor-liquid) moisture transfer. The effect of straight steam motion in the pore space is considered. This phenomenon causes the condensation of the soil solution distillate on the plant roots. The dependence of thermogradient transfer on the temperature and the size of the pore space, humidity and salinity of soils is defined. The great importance of the thermogradient vapor transfer in plants water nutrition is noted.*

Keywords: *moisture condensation, thermogradient moisture transfer, vapor-liquid moisture transfer, the effect of straight steam motion, soil solution distillate, plants water nutrition.*

УДК 631.6:436

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЛЕНКОРАНСКОЙ ЗОНЫ

Э.М. Мамедова

Институт почвоведения и агрохимии нациальной академии наук Азербайджана, soilz.az@mail.ru

Аннотация. *В данной статье рассматриваетются дистанционные методы исследования физических свойств почв располагающихся на территории Ленкоранской зоны Азербайджана.*
Ключевые слова: *дистанционные методы исследования, влажность, коэффициент отражения.*

Интенсивность и спектральный состав отраженного почвами излучения зависит не только от химического состава, но и от физических свойств почв. Одним из физических свойств, влияющих на отражательную способность почв является влажность. Между интенсивностью дистанционного сигнала и влажностью почвы наблюдается сложная зависимость. Это объясняется тем, что значения влажности в естественных условиях неустойчиво и зависит от множества свойств окружающей среды. Дистанционными методами влажность определяется в разных диапазонах электромагнитных волн: видимой, ближней инфракрасной, тепловой инфракрасной и сверх-высоко частотной. Дистанционное определение влажности в видимой области спектра света дает удовлетворительные результаты в области влажностей от 4 до 20% при наличии эталонного тестового участка. Зависимость отражательной способности почвы от степени увлажнения для различных генетических горизонтов проявляется неодинаково. Почвы во влажном состоянии имеют более низкие коэффициенты спектрального отражения, и окраска их воспринимается менее яркой, чем в воздушно-сухом состоянии. Наиболее заметное уменьшение коэффициентов отражения наблюдается при увлажнении почв с малым содержанием органического вещества. Увлажнение почв до полной капиллярной влагоемкости снижает отражательную способность в 2-3 раза, однако вид и форма спектральных кривых остаются неизменными. При дальнейшем увлажнении существенных изменений в отражательной способности почв не происходит. Значительное изменение в окраске почв при избыточном увлажнении наблюдается, когда на поверхности частиц находится водная пленка и влажность почв превышает полную гигроскопичность. Наличие в исследуемых почвах Ленкоранской зоны гигроскопической влаги не ведет к заметному потемнению. Действие воды в данном случае заключается в том, что занимая поровое пространство, вода частично вытесняет воздух.

Коэффициент рассеяния зависит от отношения коэффициентов преломления образца и окружающей среды. Наличие воды вызывает уменьшение этого отношения, и коэффициент рассеяния падает. В некоторых интервалах влажности могут сказываться эффекты рекристализации и растворения водорастворимых компонентов почвы.

Влияние влажности на отражательные свойства исследуемых почв Ленкорани связано с рядом особенностей. Отражательные свойства влажного образца почвы зависят от намокания и шероховатости образца, которая при увлажнении меняется. Общее отражение почв в большой степени зависит от влажности. Небольшие изменения общей яркости почв наблюдается при повышении влажности от максимальной гигроскопической до двойной максимальной гигроскопической. В этом интервале влажности общая яркость почв уменьшается прямо пропорционально увеличению количества влаги. Уменьшение общей яркости почв при её увлажнении, можно объяснить тем, что почвенные частицы окружает пленка рыхлосвязанной воды, которая поглощает часть падающего света. Наиболее резкими различиями в общей яркости почвы обладают в сухом состоянии, в почвах избыточного увлажнения эти различия сглаживаются [1, 2].

Для объекта исследования характерны влажная осень с обильным выпадением осадков (1100 мм) и длительный сухой период – весна-лето.

Большое количество осадков, выпадающих в субтропической зоне, является постоянным и однообразным. Для Ленкоранской зоны закономерны ежегодные непрерывные сухие периоды. Таким образом, начиная с сентября по апрель, в субтропической зоне наблюдается избыточное увлажнение. Поэтому, нами исследованы спектральные характеристики почв в сухом и влажном состоянии. Установлена зависимость спектральных коэффициентов от влажности почвы. С увлажнением почвы, уменьшается ее яркость и соответственно ее отражательная способность. Рассмотрение полученных данных по режиму влажности почв исследуемого объекта показывает различие в изменении этого показателя в годовом цикле.

Нами были исследованы спектральные характеристики почв в сухом и влажном состоянии и установлена зависимость спектральных коэффициентов от влажности почвы. С увлажнением почвы, уменьшается ее яркость и соответственно ее отражательная способность. Рассмотрение полученных данных по режиму влажности почв исследуемого объекта показывает различие в изменении этого показателя в годовом цикле.

Уменьшение яркости с увеличением увлажнения почвы находит объяснение в изменении оптической неоднородности почвы, вызванной уменьшением относительного показателя преломления света отдельных частиц, слагающих почву. Показатель преломления света различных частиц, из которых состоит почва, составляет 1,6–1,7, а воздуха, находящегося в порах почвы – около единицы. Если промежутки между отдельными агрегатами почвы заполнить водой с показателем преломления, равным 1,33, то относительный показатель преломления уменьшается, что и вызывает соответствующее потемнение почвы.

Таблица 1

Зависимость коэффициента отражения от влажности в желтлземных почвах

Горизонт	Глубина, см	W, %	КО, %
Горно-лесные желтоземные почвы			
A	0–25	6,2	32,83
A_1	25–58	5,6	33,76
B	58–93	5,6	33,76
BC	93–124	6,2	32,83
C	124–153	7,3	31,11
Горные желтоземы почвы			
A	0–20	6,2	32,83
A_1	20–46	6,6	32,21
B	46–77	6,8	31,89
BC	77–125	5,4	34,08
C	125–186	6,1	32,98
Желтоземно-глеевые почвы			
A	0–26	5,8	33,45
A_1	26–55	5,7	33,61
B_1	55–105	5,3	34,23
BC	105–140	4,9	34,86
C	140–195	5,4	34,08

Проведенный нами эксперимент позволил установить зависимость коэффициента отражения от влажности [3]. В горно-лесных желтоземных почвах в зависимости от изменения влажности в небольших пределах коэффициент отражения варьирует в пределах 31,1–33,8%; в горных желтоземных почвах 31,9–34,1%; в желтоземно-глеевых почвах 33,4–34,9% (табл. 1). В орошаемых лугово-болотных почвах наблюдается следующая зависимость коэффициента отражения от влажности: в тяжелосуглинистых глеевых почвах коэффициент отражения изменяется в пределах 35,4–36,6%; в среднесуглинистых почвах 35,8–40,2%; в легкосуглинистых почвах 37,6–40,5%. Эксперимент по выявлению зависимости коэффициента отражения от влажности в болотно-луговых почвах показал следующие результаты: в среднесуглинистых почвах коэффициент отражения варьировал в пределах 33,5–35,5%; в легкосуглинистых почвах 33,1–35,7%; в песчаных почвах 35–37% (табл. 2).

Таблица 2

Зависимость коэффициента отражения от влажности в орошаемых лугово-болотных почвах

Горизонт	Глубина, см	W, %	КО, %
Среднесуглинистые почвы			
A	0–35	4,4	35,64
B	35–75	4,5	35,48
C	75–115	4,0	36,26
Легкосуглинистые почвы			
A	0–40	4,3	35,79
B	40–85	2,5	38,6
C	85–120	1,5	40,16
Песчаные почвы			
A	0–35	3,1	37,66
B	35–80	2,4	38,76
C	80–115	1,3	40,47

Приведенные данные показывают, что для всех исследованных типов почв наблюдается одинаковое относительное изменение коэффициентов спектрального отражения с изменением влажности почвы. Уменьшение коэффициентов отражения зависит от степени увлажнения и неодинаково у разных типов почв.

Заметное снижение коэффициентов отражения при увеличении влажности наблюдается до известного предела, в дальнейшем повышение влажности незначительно уменьшает величины отражения.

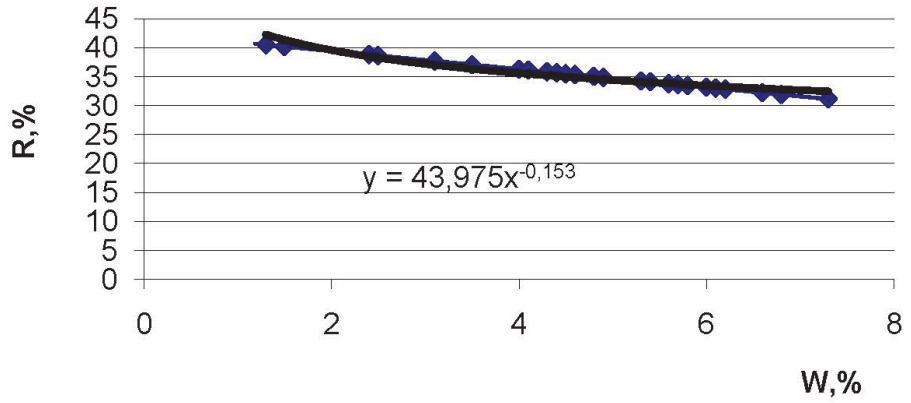


Рис. 1. Зависимость коэффициента отражения от влажности

На рисунке 1 представлена зависимость коэффициента отражения от содержания воды в почвах.

Из рисунка видно, что проявляется некоторая тенденция к уменьшению коэффициента отражения с увеличением содержания воды в почвах. Эта зависимость в общем виде описывается уравнением типа:

$$y = 43{,}975x^{-0{,}1533},$$

где y – коэффициент отражения почв; x – гигроскопическая влажность почв в %; 43,975 и –0,1533 – постоянные эксперимента.

Изучение влияния влажности на отражательные свойства позволили сделать нижеследующие выводы: влияние влажности на отражательную способность почв, состоит в том, что с увеличением влажности в исследуемых горно-лесных желтоземных, горных желтоземных, желтоземно-глеевых почвах, а также лугово-болотных и болотно-луговых почвах яркость их уменьшается, но до определенного предела, дальнейшее увеличение влажности не приводит к изменению яркости почв. При увлажнении почв до полной полевой влагоемкости яркость их уменьшается примерно в два раза. Спектральный состав света при изучении сухих и влажных почв постоянен. Уменьшение яркости с увеличением увлажнения почв находит

объяснение в изменении их оптической неоднородности, вызванном уменьшением относительного показателя преломления отдельных частиц, слагающих почву.

Литература

1. Герайзаде А.П. и др. Удельная поверхность почвенных частиц и энергетика суммарного испарения // Мат. док. VI съезда Общества почв. им. В.В. Докучаева. Кн. 2. Петрозаводск; Москва, 2012. С. 36–37.

2. Герайзаде А.П. и др. К проблеме спектрофотометричес-кого анализа почв и его практическое значение // Материалы Всерос. научной конференции: «Закономер.измен. почв при антропоген.возд. и регулир.сост. и функционир.почвенного подхода». М., 2011. С. 573–579.

3. Мамедова Э.М. Спектральный анализ некоторых типов почв // Междун. конф., посвящ. 65-летию ИПА им. Успанова, 15–26 сент., 2010. Алматы, 2010. С. 584–589.

APPLICATION OF THE RESEARCH REMOTE METHODS BY DETERMINATION OF THE SOIL PHYSICAL PROPERTIES IN THE LENKORAN ZONE

E.M. Mammadova

Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, soilz.az@mail.ru

Summary. *In this article remote methods of studying physical properties of soils located on the territory of the Lenkoran zone of Azerbaijan are considered.*

Keywords: *remote research methods, humidity, reflection coefficient.*

УДК 631.439

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ, ПЛОТНОСТИ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ МУГАНСКОЙ СТЕПИ

А.М. Манафова

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, Азербайджан, Баку, arzu_manafova@mail.ru

Аннотация. *В статье приводятся данные об исследованиях зависимости температуропроводности от влажности, плотности и гранулометрического состава почв Муганской степи. Установлено, что теплоемкость почвы находится в прямой зависимости от влажности и плотности почвы. Дается агрофизическая характеристика сероземно-луговых и лугово-сероземных почв.*
Ключевые слова: *температуропроводность, плотность, влажность, гранулометрический состав, порозность, сероземно-луговые почвы.*

Муганская степь расположена в юго-восточной части Кура-Араксинской низменности. С севера и северо-востока Муганская степь ограничена реками Курой и Араксом, с юго-востока протоком Куры–Акушой и Ленкоранской низменностью, с юга и юго-запада граничит с Ираном. Муганская низменность делится на северную, южную и центральную части. Северная и центральная части разделены коллекторно-оросительной системой. Территория Муганской степи занимает площадь 455332,50 га. Представляет собой равнину с северо-запада на юго-восток, и расположена ниже уровня моря. Рельеф Муганской степи достаточно сложный. По характеру поверхности территория представляет собой слабодренированную, плоскоувалистую предгорную равнину с абсолютными отметками 120-190 м. Рельеф и почвы Северной Мугани по своему происхождению обязаны аккумулятивной активности рек Кура и Аракс. Фактором, формирующим рельеф Центральной Мугани, является только река Аракс [1].

Объект и методика исследований. Используя Географическую информационную систему (ГИС) были определены координаты исследуемой территории, где были заложены почвенные разрезы и взяты почвенные образцы: вблизи села Караджалар Саатлинского района, расположенного на Кура-Аразской низменности с координатами – $39^0$52'49"северной широты (с.ш.), $48^0$18'06" восточной долготы (в.д.), на территориальной единице Сабирабадского административного района вблизи села Мамишлер, координаты 40^0 01'39" с.ш., $48^0$32'49 "в.д. на территории села Гюнешли Билясуварского района, координаты $39^0$30'08" с.ш. $48^0$29'21 "в. д. и т.д. на орошаемых серо-луговых и лугово-сероземных почвах.

Были проведены полевые и лабораторные исследования. Для определения агрофизических свойств проведены лабораторные анализы взятых почвенных образцов (водопрочные агрегаты, влагоемкость, гигроскопическая влага, карбонатность, удельный вес) по общепринятой в агрофизике методике. Влажность почвенных образцов, взятых с опытных площадок, была определена термостатно-весовым методом, принятым в почвоведении.

Обсуждение результатов. Как известно, по мере увеличения энергии, падающей на поверхность Земли, увеличивается испарение, увеличивается облачность и т. д. Это предотвращает попадание солнечной энергии на поверхность Земли и показывает, что оба процесса взаимосвязаны. Каждый почвенный тип создает собственный водно-тепловой баланс в соответствии с физико-химическими свойствами [2]. Несмотря на то, что исследуемые почвы расположены на одной и той же равнине, у них разный тепловой баланс. Очевидно, что распределение солнечной радиации на поверхности почвы зависит от почвенного покрова.

Распределение радиационного баланса в системе Земля-атмосфера осуществляется по следующей формуле:

$$R = P + LE + B + \gamma M, \quad (1)$$

где R – радиационный баланс, кал/см^2 в мин.; P – теплообмен между воздухом и почвенной поверхностью, кал/см^2 в мин.; LE – энергия испарения, кал /см^2 в мин.; B – теплота, поступающая в почву, кал / см^2 мин; γM – энергия, накопленная в растениях, кал / грамм.

На рис. 1 показана зависимость между общей радиацией и температурой воздуха. Верхняя линия относится к первой половине года, а нижняя линия относится ко второй половине года. Из рисунка видно, что одна и та же температура наблюдается при разных отметках радиации. Это объясняется тем, что в первой половине года температура окружающей среды (включая воздух, почву, водоемы и реки) растет, а во второй половине года количество общей радиации, падающей на поверхность земли уменьшается, а температура воздуха не падает с соответствующей скоростью.

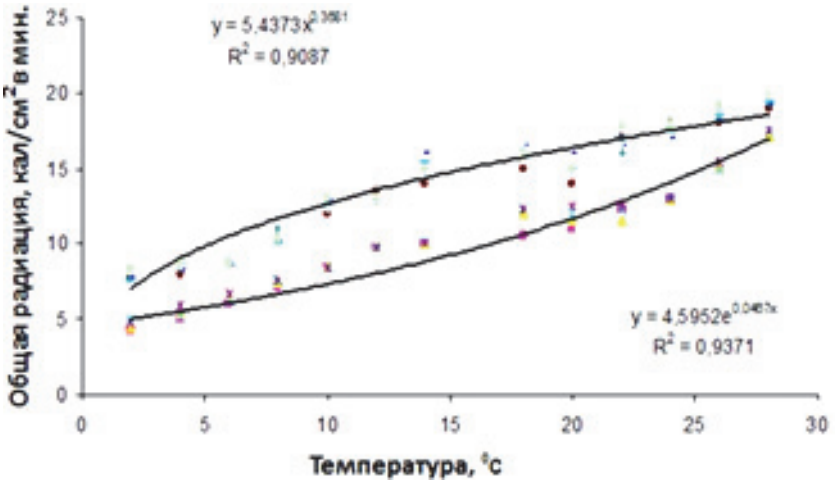


Рис. 1. Зависимость температуры воздуха от общей радиации

На рис. 2 показано падение температуры по профилю почвы. Как видно из рисунка, максимальная температура (амплитудные отметки) резко уменьшается в зависимости от глубины и задерживается по времени. Например, если на глубине 0,05 м в суточной амплитуде температуры дневная динамика становится очевидной, что видно из графика, то максимальные значения среднемесячных температур в середине месяца задерживаются, начиная с 0,40 м глубины. Таким образом, представляется очевидным, что почва тепловой коллектор энергии. Для каждой глубины в течение года имеется свой максимум. С увеличением глубины максимум смещается вправо, т.е. задерживается.

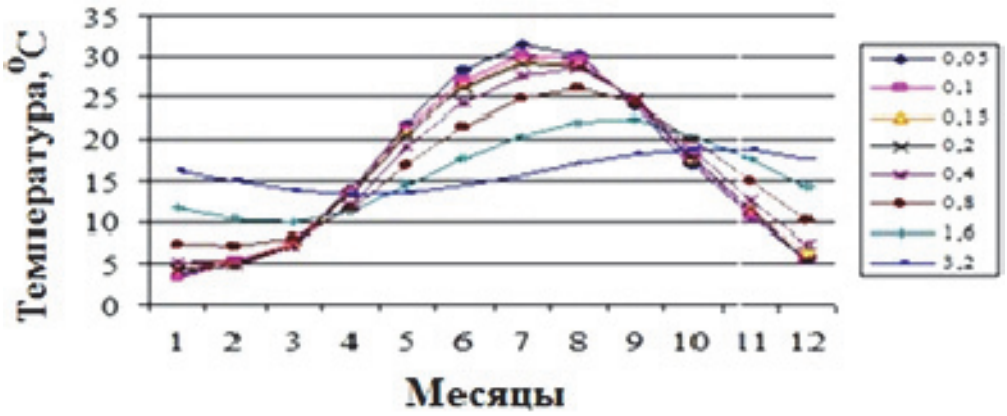


Рис. 2. Изменение температуры по профилю почвы

Известно, что для повышения плодородия почв и продуктивности растений изучаются методы зависимости температуропроводности от влажности, плотности и гранулометрического состава почв [3]. Изучая зависимость температуропроводности от влажности и плотности, требуется регулирование этих показателей в соответствии с требованиями растений, что и является основной целью исследователей. Исследование зависимости температуры от влажности, плотности и гранулометрического состава требует чрезвычайно тщательного подхода к земельным ресурсам и изучения физико-химических показателей, которые способствуют постоянному повышению плодородия почв.

Таким образом, в научной литературе описываются различные результаты исследований, проведенных по влиянию температуры на влажность, плотность и гранулометрический состав, воздействие обработки на плотность почвы. Однако, в некоторых исследованиях отмечается, что обработка почвы обычно не влияет на ее плотность, в то время как другие исследования показали, что традиционная обработка, наоборот, увеличивает плотность почвы [4].

Указывается также на зависимость влияния различных методов возделывания почв на ее плотность, кроме того, влияние биологических особенностей растительного покрова, типа почвы и ее свойств, климатических условий и климатических факторов.

В нижеследующей таблице даются некоторые агрофизические показатели сероземно-луговых и лугово-сероземных почв исследуемой территории (таблица).

Некоторые агрофизические показатели сероземно-луговых и лугово-сероземных почв Муганской степи

Глубина, см	Удельный вес,г/см^3	Плотность, г/см^3	Общая пороз-ность, %	Количество водопрочных агрегатов, %			
				<0,25	>1	1,0–0,25	>0,25
Саатлинский район, село Караджалар							
0–25	2,69	1,19	55,76	54,0	6,5	39,5	46,0
25–45	2,69	1,22	54,64	62,4	8,6	29,07	37,6
45,75	2,65	1,28	51,69	70,32	8,8	20,88	29,68
75–105	2,60	1,36	47,69	72,44	9,5	18,06	27,56
Сабирабадский район,село Мамишлар							
0–18	2,64	1,20	54,54	43,6	28,4	28,0	56,4
18–35	2,55	1,25	50,98	36,3	36,4	27,3	63,7
35–55	2,58	1,30	49,61	45,3	18,5	36,2	54,7
55–86	2,66	1,31	50,75	56,5	14,7	28,8	43,5
86–110	2,65	1,35	49,05	58,4	12,1	29,5	41,6
Биласуварский район, село Гюнешли							
0–16	2,65	1,21	54,33	66,2	16,1	17,7	33,8
16–35	2,67	1,22	54,30	66,9	14,3	18,8	33,1
35–58	2,70	1,24	54,07	67,4	9,6	23,0	32,6
58–77	2,65	2,29	54,07	73,6	6,4	20,0	26,4
77–98	2,66	1,32	50,37	78,4	7,8	13,8	21,6

Как видно из таблицы, в почвах территории исследования плотность увеличивается с глубиной вдоль по профилю. А общая порозность, наоборот, с глубиной уменьшается. Во всех исследуемых образцах средние оценки этих значений колеблются в пахотном слое в пределах 53,11–53,25%, в подпахотном слое 52,55–52,85%.

Из литературных источников известно, что если в пахотном слое пористость аэрации меньше 10-15%, то водный и воздушный баланс в почве нарушается и воздухопроницаемость почвы ослабевает. Наименьшие оценки пористости аэрации наблюдаются в верхнем слое, что обуславливается низким значением общей порозности или же большим значением плотности [5].

Из результатов анализа удельного веса исследуемых почв стало ясно, что на разных глубинах почвенных разрезов этот показатель имеет различные значения, т.е. изменяется в пределах 2,58–2,70 г/см ^{3}.

Выводы. Проведенными на опытных участках исследованиями была изучена зависимость тепло-физических коэффициентов от влажности, плотности и других свойств почв. Установлено, что теплоемкость почвы находится в прямой зависимости от влажности и плотности почвы. Коэффициент теплопроводности увеличивается при определенном интервале влажности и, достигнув своего максимального значения, прекращает увеличение. Однако, коэффициент температуропроводности, достигнув своего максимального значения в этом же интервале, начинает уменьшаться. Каждые из полученных зависимостей имеют свое физическое обоснование.

Литература

1. Гасанов Ш.Г. Почвы Приараксинской полосы и их рациональное использование. Баку, 1969. 195 с.
2. Дугаров В.И. Теплопроводность лугово-черноземной почвы Еравнинской котловины (Бурятская АССР) // Почвоведение. 1976. № 3. С. 115–119.
3. Герайзаде А.П., Мамедов Н.А., Манафова А.М. Энергетические методы определения поверхности почв. Сборник трудов Азербайджанского общества почвоведов. Т. XI. 2-я часть. 2012. С. 5–13.
4. Болотов А.Г. Теплофизическое состояние почв и совершенствование инструментальной базы для его исследований: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.2003. 22 с.
5. Мамедов Р.Г. Агрофизические свойства почв Азербайджанской ССР. Баку, 1989. 243 с.

DETERMINATION OF THE DEPENDENCE OF HEAT CONDUCTIBILITY ON HUMIDITY, DENSITY AND GRANULOMETRIC COMPOSITION OF THE MUGAN STEPPE SOILS

A.M. Manafova

Institute of soilscience and agrochemistry of NASA, Azerbaijan, Baku, azru_manafova@mail.ru

Summary. *The article presents data of the dependence of the heat conductibility on the humidity, density, and granulometric composition of the soils of the Mugan steppe. It is determined that the heat capacity of the soil is directly dependent on the humidity and density of the soil. Agrophysical characteristics of grey-meadow and meadow-grey soils are given.*

Keywords: *heat conductibility, humidity, density, granulometric composition, porosity, grey-meadow soils.*

УДК 631.42

СТРУКТУРНО-ГРУППОВОЙ СОСТАВ ГУМУСА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Л.Б. Наумова[1], И.В. Соколова[1], Н.П. Горленко[2]

[1] Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск naumovalb@mail.ru; sokolova@phys.tsu.ru

[2] Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, gorlen52@mail.ru

Аннотация. *Изучены агрохимические показатели почвогрунтов. Показано, что торфяной мелиорант является источником зарождения гумуса и может быть использован для рекультивации деградированных почв в районах горнодобывающих и перерабатывающих отраслей промышленности.*

Ключевые слова: *почвогрунт, гуминовые кислоты, торфяной мелиорант, рекультивация.*

Актуальность. В настоящее время в результате интенсивной разработки угольных месторождений на поверхность извлекается не только мертвая порода, но при этом полностью уничтожается почвенный покров. Восстановление плодородного горизонта протекает чрезвычайно медленно – за 100 лет образуется слой толщиной всего в 1 см. Это вызывает необходимость принятия неотложных мер для создания и реализации эффективных способов рекультивации земель с нарушенным почвенным покровом [1].

В связи с этим поиск путей рекультивации нарушенных горными работами земель является своевременным и определяет актуальность задач этого нового направления в агрохимии.

Для восстановления плодородного почвенного покрова в сибирском регионе используют гумусированные добавки торфяного мелиоранта (ТМ). Полагали, что добавка ТМ за счет зарождения молодого гумуса позволит ускорить процесс почвообразования. Использование добавок ТМ проводится впервые и определяет новизну проводимых исследований.

Целью работы является определение состава гумуса различных видов почвогрунтов как основного критерия плодородия почв. Знание состава гумуса и его свойств даст возможность судить о направлении процесса почвообразования.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования при проведении работы являлись грунт отвальной породы восточного разреза Краснобродский Кемеровской области; почвогрунт, представленный смесью отвальной породы и торфяного мелиоранта (ГО+ТМ); образец зональной почвы (ЗП); торфяной мелиорант (ТМ). Подготовку почв к анализу, а также определение содержания общего углерода и щелочерастворимого (прибор КФК-2 при при λ 590 нм) осуществляли по методу Тюрина в модификации Никитина [2–4]; гуминовые кислоты (ГК) выделяли пирофосфатным методом [3]. ГК являются наиболее стабильной составляющей гумуса и отвечают за плодородие почв. В связи с этим представляет интерес изучения ряда характеристик, связанных с кислотными, оптическими, термическими и сорбционными свойствами выделенных ГК. Кислотные свойства ГК изучали методом потенциометрии. Их спектры поглощения определяли в видимой области спектра в интервале длин волн 400 – 750 нм на приборе КФК-2. ИК спектры ГК снимали на ИК – спектрометре марки Nicolet 6700. Термический анализ выполняли на термогравиметрическом анализаторе NETZSCH STA 449 C при свободном доступе воздуха в печное пространство.

Результаты и их обсуждение. Для всех исследуемых образцов было определено валовое содержание органического углерода ($C_{общ}$), свидетельствующее о потенциальном плодородии почвогрунтов, а также содержание так называемого подвижного гумуса ($C_{щ.р}$) (углерода, извлекаемого 0,1 М раствором NaOH), наименее устойчивого в биохимическом отношении и наиболее доступного источника питания растений и микроорганизмов, характеризующего актуальное плодородие почвы. Результаты представлены в табл. 1.

Из таблицы видно, что если в грунте отвальной породы обнаружены лишь следовые количества подвижного гумуса (углерод в данном случае содержится в угольной фракции и явля-

ется труднодоступным для растений и микроорганизмов), то добавка торфяного мелиоранта приводит к увеличению содержания $C_{щ.р}$ (подвижного гумуса) и составляет уже 12% от $C_{общ}$ (валового углерода). Эти изменения позволяют рассматривать торфяной мелиорант как эффективный, биологически активный компонент при рекультивации.

Выделение ГК из образцов пирофосфатным методом позволило исключить долгий процесс декальцинирования минеральными кислотами. Результаты показали (табл. 1), что из грунта отвала (ГО) не удалось выделить ГК. Это связано с тем, что по составу отвальная порода представлена фракцией каменного угля, а каменный уголь, в отличие от бурого, не содержит щелочерастворимых ГК. Содержание ГК из ЗП составило 1,34 %; из ТМ-24,73 % и из ГО+ТМ – 0,75 % соответственно.

Таблица 1

Результаты агрохимического анализа

Объект исследования	Извлечения ГК, %	Органический углерод, %		
		$C_{общ}$	$C_{щ.р}$	$C_{щ.р} : C_{общ}$
ГО	–	5,25 ± 0,05	следы	–
ГО + ТМ	0,75	5,88 ± 0,05	0,71 ± 0,04	12,07
ЗП	1,34	6,64 ± 0,06	1,02 ± 0,04	15,36
ТМ	24,73	45,07± 0,08	7,02 ± 0,06	15,57

Методом потенциометрического титрования исследованы кислотные свойства гуминовых кислот. Учитывая слабокислотный характер ГК, титрование одновременно проводили как в водной, так и в неводной средах. В качестве неводной среды использовали смесь: вода – ДМФ (мольная доля = 0,4), что позволило оттитровать большее количество карбоксильных групп за счет основных свойств растворителя. Результаты потенциометрического титрования показали, что ГК ЗП содержат, являясь «зрелыми», большее количество СООН групп по сравнению с более «молодыми» ГК торфяного мелиоранта. В водной среде количество карбоксильных групп составило в ЗП-1,45, ТМ-0,87, а среде ДМФ ЗП-2,33, ТМ-3,57 ммоль/г соответственно.

Проведено исследование оптических свойств ГК, по которым можно судить о степени их зрелости. Определены коэффициенты цветности и экстинкции (табл. 2).

Таблица 2

Значения коэффициентов экстинкции (А) и цветности ($Q_{4/6}$) гуминовых кислот

Источник гуминовой кислоты	A_{465}	A_{650}	$Q_{4/6}$	$E^{0,006\ \%}_{465\ нм\ ,1см}$
ЗП	0,53	0,21	3,18	8,83
ТМ	0,17	0,04	5,25	3,33

Спектры поглощения (не приводятся) имеют сходный характер и представляют собой пологие кривые без видимых максимумов поглощения. Как видно из табл. 2 наиболее сложную структуру имеют «зрелые» ГК зональной почвы, об этом свидетельствует высокое значение коэффициента экстинкции. Малая величина коэффициента цветности $Q_{4/6}$ ГК ЗП по сравнению с ГК ТМ говорит о том, что ГК ЗП в наибольшей степени обогащены электрофильными группировками, а ГК ТМ имеют очень малую упорядоченность расположения ароматических ядер в пространстве, и в наибольшей степени обогащены алифатическими компонентами, т.е. являются более «молодыми» [5, 6]. Полученные результаты были подтверждены при исследовании образцов ГК методом ИК-спектроскопии.

Сходство спектров поглощения позволяет судить об общем мотиве построения этих соединений. Но в спектрах проявляются и определенные отличия. Так, в ИК-спектрах «моло-

дых» ГК торфяного мелиоранта значительно интенсивнее выражены полосы поглощения при 2920 $см^{-1}$, 2850 $см^{-1}$ и 1450 $см^{-1}$, отвечающих за содержание периферических цепей алифатического характера (группы – CH_3 и – CH_2), чем у зрелых ГК ЗП.

Термогравиметрические исследования ГК, выделенных из ЗП и ТМ, свидетельствуют об аналогичности процессов окислительной деструкции. Согласно литературным данным [7, 8] процесс термолиза ГК условно делят на 2 области: низкотемпературная (60–400°С) и высокотемпературная (400–900°С). Эндотермические эффекты в области низких температур связаны с изменениями и постепенным разрушением периферических цепей алифатического характера. Высокая интенсивность экзотермических реакций в высокотемпературной области обусловлена деструкцией ядерной части молекулы ГК. Расчет потери массы в методе ДТА (табл. 3) указал на преобладающую роль в составе ГК ЗП компонентов ароматической природы над алифатическими составляющими.

Таблица 3

Термовесовые характеристики ГК

Источник ГК	Потеря массы в низкотемпературной области (>4000 С), %	Потеря массы в высокотемпературной области (>4000 С), %	Общая потеря массы, %
ЗП	32,42	56,78	89,20
ТМ	36,55	57,04	93,59

Исследования взаимодействия ГК с ионами металлов представляются весьма актуальными для прогнозирования процессов перераспределения ионов металлов в окружающей среде. Проведено исследование по выявлению взаимодействия ГК зональной почвы и торфяного мелиоранта с ионами Cu^{2+} и Co^{2+}. Методом ИК-спектроскопии установлено, что в реакциях взаимодействия с ионами металлов участвуют карбоксильные группы (1700 $см^{-1}$ и 1620 $см^{-1}$; 1260 $см^{-1}$ и 1230 $см^{-1}$), а группы фенольного гидроксида участия во взаимодействии не принимают. Показано, что обменная емкость по отношению к ионам Cu^{2+} и Co^{2+} находятся в прямой зависимости от содержания карбоксильных групп в гуминовых кислотах зональной почвы и торфяного мелиоранта.

Заключение. Таким образом, проводя анализ полученных результатов по исследованию физико-химических свойств отвальной породы и торфяного мелиоранта (ГО+ТМ); образца зональной почвы (ЗП) и торфяного мелиоранта (ТМ), можно заключить, что ТМ является источником зарождением гумуса и может быть использован для рекультивации деградированных почв в районах горнодобывающих и перерабатывающих отраслей промышленности.

Литература

1. Коваленко В.С., Штейнцайг Р.М., Голик Т.В. Рекультивация нарушенных земель на карьерах Ч. 1. М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2008. 63 с.
2. Физико-химические методы исследования почв / под ред. Н.Г. Зырина, Д.С. Орлова. М.: Изд-во МГУ, 1980. 382 с.
3. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Агропромиздат, 1986. 295 с.
4. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 272 с.
5. Собакин Ю.Ю., Мамонтов В.Г, Рукангантамбара Хамуду, Кончиц В.А. Оптические свойства лабильных гумусовых веществ целинных почв // Плодородие. 2007. № 3. С. 10–11.
6. Орлов Д.С., Наумова Г.В., Амосова Я.М. и др. Сравнительная характеристика гуминовых препаратов опытно-промышленных производств // Гуминовые вещества в биосфере. М.: Наука, 1993. С. 207–218.
7. Рукангантамбара Хамуду, Мамонтов В.Г, Кончиц В.А. Термический анализ лабильных гумусовых веществ почв // Плодородие. 2006. № 3. С. 23–26.
8. Шурыгина С.А., Ларина И.К., Чубирова М.А., Кононова М.М. Дифференциально-термический и термовесовой анализы гуминовых веществ почвы // Почвоведение. 1971. № 6. С. 35–34.

STRUCTURAL – GROUP COMPOSITION OF HUMUS AS A CRITERION FOR THE SOIL FERTILITY

L.B. Naumova[1], I.V. Sokolova[1], N.P. Gorlenko[2]

[1] National Research Tomsk State University, Tomsk, naumovalb@mail.ru; sokolova@phys.tsu.ru
[2] Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, gorlen52@mail.ru

Summary. *Agrochemical indicators of soils are studied. It is shown that the peat ameliorant is a source of origin of a humus and can be used for recultivation of degradirovanny soils in areas mining and processing industries.*

Keywords: *soil, humic acids, peat ameliorant, recultivation.*

УДК 574.45

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ-ТОРФООБРАЗОВАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Л.Г. Никонова[1], И.Н. Курганова[2], В.О. Лопес де Гереню[2], В.А. Жмурин[2], Е.А. Головацкая[1]

[1] Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, lili112358@mail.ru, golovatskayaea@gmail.com

[2] Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, ikurg@mail.ru, vlopes@mail.ru, zhmurin.vasya@mail.ru

Аннотация. *Скорость разложения растительного опада основных растений-торфообразователей болотных экосистем Западной Сибири (Sph. fuscum, C. calyculata, E. vaginatum) оценивали в рамках 6-ти месячного лабораторного эксперимента по интенсивности выделения $C(CO_2)$ ($ИВ_{CO2}$) при 2, 12 и 22°C. Влажность проб, соответствовала 90% их водоудерживающей способности. Наибольшая $ИВ_{CO2}$ из всех образцов при 22°C фиксировалась в первые 2-3 недели проведения эксперимента, а при 2°C максимальные значения наблюдались спустя 1-2 недели. Самые высокие потери $C(CO_2)$ за 6 месяце эксперимента демонстрировала C. calyculata.*

Ключевые слова: *интенсивность выделения CO_2, Sphagnum fuscum, Chamaedaphne calyculata, Eriophorum vaginatum, гидротермические условия, деструкция органического вещества.*

В настоящее время изучение процессов трансформации органического вещества торфяных почв приобретает большое значение в связи с изменениями климата, влияющими на углеродный баланс всех типов экосистем, включая болотные. Интенсивность разложения растительных остатков в болотных экосистемах зависит как от биотических факторов, таких как химический состав растений-торфообразователей и активность микроорганизмов, так и от абиотических, основными из которых является температура и влажность. Наблюдаемое на территории Западной Сибири увеличение температуры воздуха и снижение уровня болотных вод может привести к ускорению процесса разложения торфа [1].

Основная цель исследования заключалась в количественной оценке влияния температуры на скорость разложения основных растений-торфообразователей олиготрофных болот южнотаежной подзоны Западной Сибири в условиях длительного модельного эксперимента.

Объекты и методы исследования. Образцы основных растений-торфообразователей (листья кустарничка *Chamaedaphne calyculata* Moench., ветошь травянистого растения *Eriophorum vaginatum* L, очес мха *Sphagnum fuscum* Klinggr.) были отобраны в сентябре 2017 года на территории стационара «Васюганье» (ИМКЭС СО РАН) на олиготрофном болоте «Бакчарское» (Бакчарский район, Томская область, 56°26′ с.ш., 84°50′ в.д.). Кроме перечисленных видов растений был также подготовлен смешанный растительный образец, состоящий из 60% *Sph. fuscum* и 40% *C. Calyculata,* что соответствовало доле каждого вида в растительном опаде наиболее типичного фитоценоза на территории болота «Бакчарское». Модельный эксперимент проводился на базе Лаборатории почвенных циклов азота и углерода Института физико-химических и биологических проблем почвы (г. Пущино, Московская область) с ноября 2017 г. по апрель 2018 г.

Навески растительного материала (1-3 г воздушно-сухой массы) помещали в стеклянные флаконы объемом 110 мл и увлажняли до состояния, соответствующего 90% их полной влагоемкости (ПВ, или водоудерживающей способности). Для увлажнения использовали болотную воду, в которой содержалась естественная микрофлора, характерная для того места, где произрастали растения. Флаконы с увлажненным растительным опадом выдерживали 7 дней при комнатной температуре (прединкубация), а затем помещали в термостаты для последующего непрерывного инкубирования в течение 6 месяцев при температурах: 2, 12 и 22°C. Во время эксперимента влажность растительных проб поддерживали на постоянном уровне

путем добавления болотной воды, контролируя вес исходных навесок. Опыт проводился в 3-х повторностях.

Определение скорости выделения CO_2, или интенсивности разложения (*DecR*) основных растений-торфообразователей проводили 3-5 раз в неделю в течение первого месяца эксперимента и 1 раз в неделю – все последующее время. В день проведения замера, флаконы извлекали из термостата, проветривали в течение 10 мин в токе воздуха, герметично закрывали резиновыми крышками и опять помещали в термостат. Спустя 3-4 часа проводили определение концентрации CO_2 во флаконе с помощью проточного инфракрасного газоанализатора LiCor-820 (USA). Между замерами флаконы закрывали полиэтиленовыми пленками, которые пропускали углекислый газ, но сдерживали испарение влаги.

В исходных растительных образцах определяли зольность, величину pH в водной и солевой (1M KCl) вытяжках (при соотношении субстрат: раствор = 1:25), гигроскопическую влажность и величину полной влагоемкости (ПВ, %), соответствующую влажности при которой происходило полное насыщение субстрата водой с последующим оттоком гравитационной влаги. В растительных образцах также определяли содержание углерода и азота (N) на автоматическом CHNS-анализаторе (Leco, USA).

Для расчета *DecR* (мкг C/г субстрата/час) использовали формулу [2]:

$$DecR = \frac{dC \times 12 \times V_{flask} \times 1000}{m} \times 22.4 \times t \times 100 \qquad (1)$$

где dC – показания прибора с учетом нулевого значения, объемные %; V_{flask} – объем флакона, мл; t – время инкубации, час; m – масса абсолютно сухого субстрата, г.

Влияние температуры на величину *DecR* оценивали с помощью температурного коэффициента Q_{10}, показывающего как изменяется интенсивность разложения субстратов при изменении температуры на 10°C, в соответствии с формулой [3]:

$$Q_{10} = \left(\frac{DecR_2}{DecR_1} \right)^{\left[\frac{10}{(T2-T1)} \right]} \qquad (2)$$

Величину температурного коэффициента Q_{10} в нашем эксперименте определяли для двух температурных интервалов: 2–12° и 12–22°C.

Статистическая обработка данных выполнялась в программе STATISTICA6.

Результаты исследования. Анализ химического состава растительных образцов показал, что *Sph. fuscum* характеризовался низким значением pH, невысоким содержанием C и N и широким соотношением C/N, что могло негативно отражаться на интенсивности процессов его разложения. Качественный состав *C. calyculata* был более благоприятным для протекания деструкционных процессов.

Динамика скорости разложения растительных образцов при различных значениях температуры заметно отличалась. При всех температурах происходил выраженный всплеск выделения C (CO_2) в первые 2-3 недели эксперимента, который с понижением температуры становился менее отчетливым (рис 1). Продолжительность и время наступления периода максимального выделения C-CO_2 из растительных проб в значительной степени зависели как от вида растительного субстрата, так и от температуры проведения эксперимента. Так, опад *C. calyculata* характеризовался наиболее поздним проявлением периода с высокими значениями DecR при всех температурах. Максимальное выделение C (CO_2), связанное со всплеском активности микроорганизмов-деструкторов, сначала фиксировалось при 22°C и только спустя 1-2 недели – при 2°C. При этом угасание активности разложения растений при 2°C происходило намного медленнее, чем при 22°C. Так, например, у *E. vaginatum* при 22°C максимальные значения DecR были зафиксированы через сутки, а при 2°C – только на 7 сутки после начала эксперимента. При этом для всех образцов самые минимальные значения DecR наблюдались при 2°C в течение 6-го месяца эксперимента. Динамика разложения смешанного образца из *Sph. fuscum* и *C. calyculata* примечательна тем, что максимальная величина DecR превышала соответствующие значения его отдельных компонентов (рис. 1).

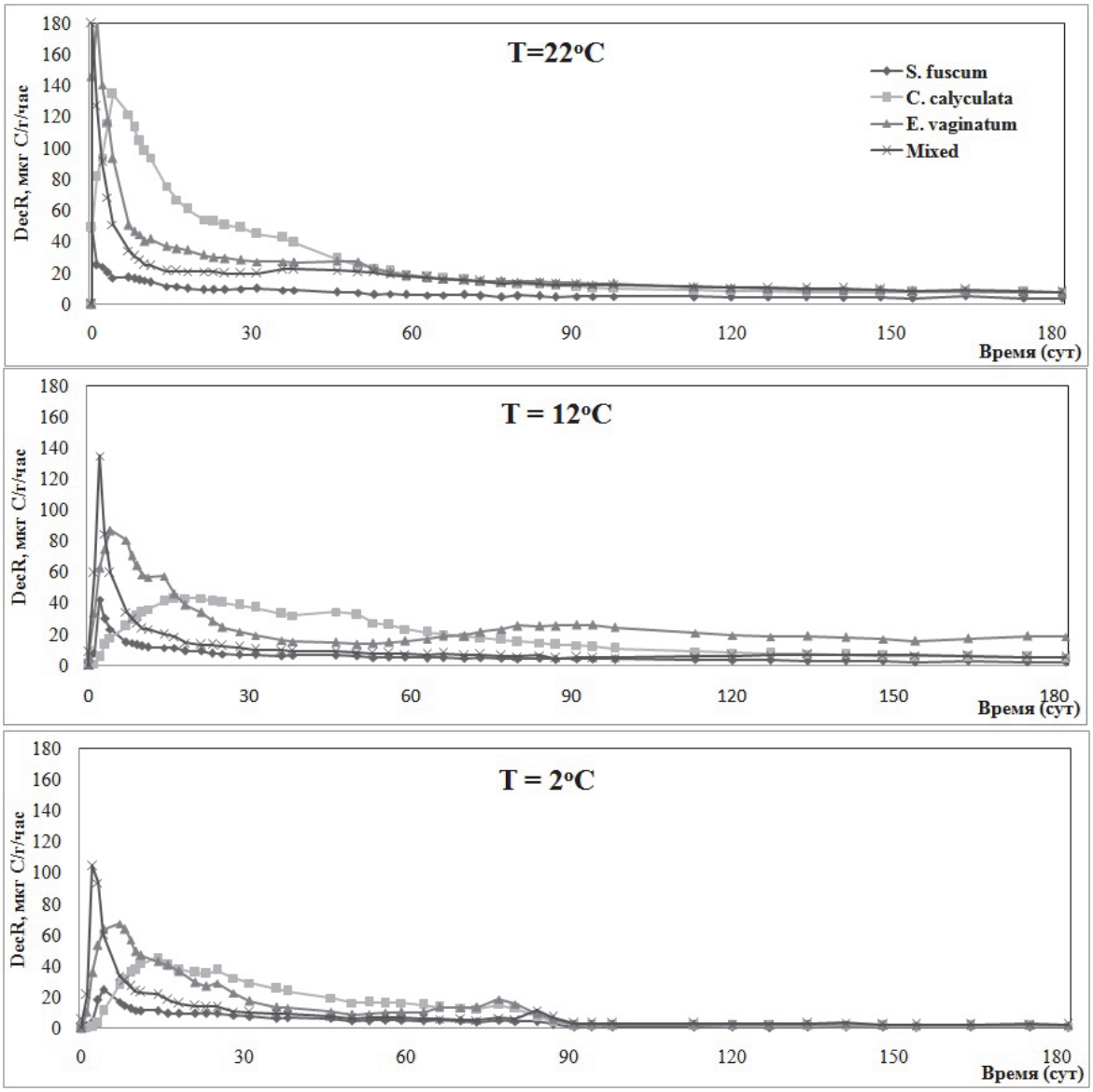


Рис. 1. Динамика скорости выделения $C(CO_2)$ из различных видов растительного опада при температурах (Т) 22, 12 и 2°С

Суммарное выделение $C(CO_2)$ за 6 месяцев эксперимента (C_{cum}) было самым высоким у *C. calyculata* (107,4 мг С/г), при температуре 22°С и уменьшалось в 2 раза (до 52,7 мг С/г) при температуре 2°С (Табл. 1). Снижение температуры инкубирования вызывало уменьшение общих потерь С (CO_2) за 6 месяцев эксперимента у всех образцов кроме *E. vaginatum*, для которых наибольшие потери углерода были характерны при 12°С. Образцы *Sph. fuscum* демонстрировали самую высокую устойчивость к разложению. Величина C_{cum} для смешанного образца принимала промежуточное значение между потерями С (CO_2), полученными для его отдельных компонентов и, как правило, снижалась при более низких температурах (таблица).

Для оценки выделившегося С (CO_2) производился расчет потерь углерода в % по отношению к исходному количеству С в растительных образцах (табл. 1). За 6 месяцев эксперимента, в зависимости от температуры образцы *Sph. fuscum* потеряли всего лишь 4-6% исходного количества С. Наибольшие потери углерода были характерны для *E. vaginatum* при 12°С и составили 23%.

Температурный коэффициент Q_{10} в зависимости от вида растительного образца в низкотемпературном диапазоне 2-12°С варьировал от 1,13 до 1,55 и составлял 1,12-1,94 в температурном интервале 12-22°С (рис. 2), что чуть ниже типичных величин константы Вант–Гоффа, характерных для химических реакций: Q_{10}=2–3. Самые высокие значения Q_{10} в низкотемпе-

ратурном интервале температур (2-12°С) были характерны для *E. vaginatum*, а в высокотемпературном интервале (12-22°С) – для *C. calyculata.*

Суммарные потери С(CO_2) из различных видов растительного опада при температурах 2, 12 и 22°С (мг С/г растительного опада; % от исходного количества С в образце)

Образец	22°С		12°С		2°С	
	мг С/г	%	мг С/г	%	мг С/г	%
S. fuscum	29,1	6	23,1	5	18,2	4
C. calyculata	107,4	21	75,4	15	52,7	10
E. vaginatum	88,5	19	104,3	23	53,9	12
Mixed	72,4	16	44,0	10	31,8	7

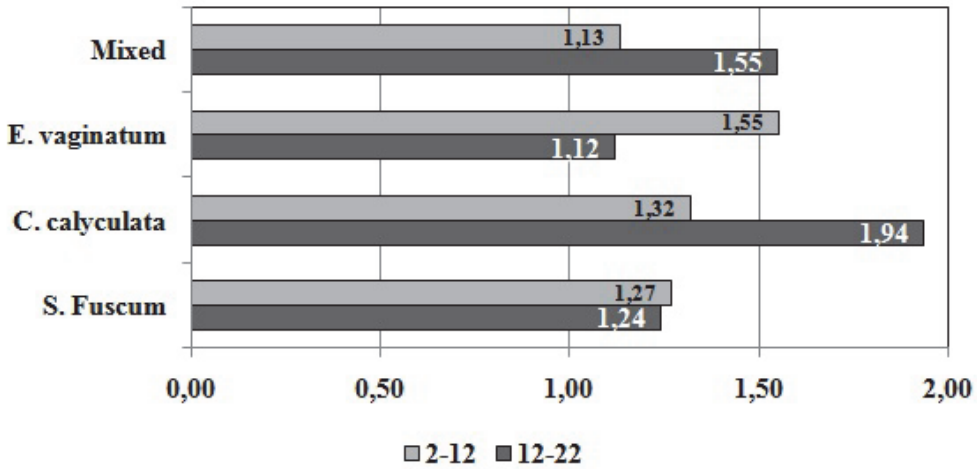


Рис. 2. Температурный коэффициент Q_{10} для средней скорости разложения различных видов растительного опада в температурных интервалах 2–12 и 12–22°С

Температурная чувствительность органических субстратов в процессе длительной инкубации, как правило, уменьшается, демонстрируя самые высокие значения величины Q_{10} в первый месяц эксперимента [4, 5]. На поздних стадиях разложения, в связи с возникновением адаптации сообщества микроорганизмов-деструкторов к гидротермическим условиям в ходе длительной инкубации, температурная чувствительность скорости разложения, как правило, ослабевает.

Заключение. Химический состав субстратов и температура оказывали значительное влияние на скорость трансформации растений-торфообразователей. Так, на первых стадиях разложения наблюдалось усиленное выделение С (CO_2) из растительных образцов, которое сначала фиксировалось при 22°С и только спустя 1-2 недели – при 2°С. При этом угасание активности разложения растений при 2°С происходило намного медленнее, чем при 22°С. Максимальные потери углерода за 6 месяцев эксперимента наблюдались при разложении *C. calyculata* и достигали 21% от его исходного количества. Для всех образцов, кроме *E. vaginatum,* выявлено уменьшение общих потерь С при понижении температуры. Образцы *E. vaginatum* характеризовались наибольшими потерями С при 12°С (104,3 мг С/г). Самые высокие значения температурного коэффициента Q_{10} выявлены для *E. vaginatum* в диапазоне температур 2–12°С, а для *C. calyculata* в интервале 12–22°С.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России № 0369-2016-0002 и при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант №17-34-50041 Мол_нр) и Программы Президиума РАН №15.

Литература

1. Hogg E. H., Lieffers V. J., Wein R. W. Potential Carbon losses from peat profiles: effects of temperature, drought cycles, and fir // Ecological Applications. 1992. Vol. 2, № 3. PP. 298–306.

2. Kurganova, I.N., Lopes de Gerenyu, V.O., Gallardo Lancho, J.F., Oehm, C.T. Evaluation of the rates of soil organic matter mineralization in forest ecosystems of temperate continental, Mediterranean, and tropical monsoon climates // Euras. Soil Sci. 2012. № 45 (1). PP. 68–79.

3. Chen H, Dong S, Liu L, Ma C, Zhang T, Zhu X, Mo J. Effects of experimental nitrogen and phosphorus addition on litter decomposition in an old-growth tropical forest // PLoS One. 2013 №8(12). PP. 84-101.

4. Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Natalia Galibina N., Kapitsa E., Shorohova E. Coupled effect of temperature and mineral additions facilitates decay of aspen bark // Geoderma. 2018. №316 PP. 27–37.

5. Ларионова А.А., Мальцева А.Н., Лопес де Гереню В.О., Квиткина А.К., Быховец С.С., Золотарева Б.Н., Кудеяров В.Н. Влияние температуры и влажности на минерализацию и гумификацию лиственного опада в модельном инкубационном эксперименте // Почвоведение. 2017. № 4. С. 438–448.

ESTIMATE OF THE IMPACT OF TEMPERATURE ON THE DYNAMICS AND DECOMPOSITION RATE OF PEAT-FORMING PLANTS IN A MODEL INCUBATION LONG-TERM EXPERIMENT.

L.G. Nikonova[1], I.N. Kurganova[2], V.O. Lopes de Gerenyu[2], V.A. Zhmurin[2], E.A. Golovatskaya[1]

[1] Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, lili112358@mail.ru
[2] Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, ikurg@mail.ru, vlopes@mail.ru, zhmurin.vasya@mail.ru

Summary. *Investigated the initial stages of decomposition of Sphagnum fuscum, Chamaedaphne calyculata, Eriophorum vaginatum during 6-months incubation experiment at different temperatures (T =2, 12, 22 °C) and at moisture level corresponding to 90% of the their water holding capacity. The highest intensity of CO2 release from all plant samples at 22 °C was fixed in the first 2-3 weeks of the experiment, and at 2 °C the maximum values of CO2 emission intensity were observed after 1-2 weeks. The highest loss of C (CO2) in the 6 month of the experiment was demonstrated by C. callyculata.*

Keywords: *CO_2 emission rate, Sphagnum fuscum, Chamaedaphne calyculata, Eriophorum vaginatum, hydrothermal conditions, decomposition of organic matter.*

УДК 528.88; 551.34; 631.4

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕПЛОВЫХ АНОМАЛИЙ И СЕЗОННОГО ПРОТАИВАНИЯ ПОЧВ В КРИОЛИТОЗОНЕ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ

Е.И. Пономарев[1, 2], Т.В. Пономарева[1, 2]

[1] Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, evg@ksc.krasn.ru
[2] Сибирский федеральный университет, Красноярск, bashkova_t@mail.ru

Аннотация. *В работе обсуждаются результаты послепожарного мониторинга динамики тепловых аномалий подстилающей поверхности в условиях криолитозоны, полученные на основе многолетних рядов дистанционных спутниковых съемок. Рассматриваются долговременные последствия «фона» в тепловом диапазоне (10,780–11,280 мкм), влияющие на температурный и водный режимы напочвенного покрова и поверхностных слоев почвы. Численными методами показано, что нарушения верхних органогенных горизонтов почв и последующие многолетние аномалии температуры поверхности могут приводить к увеличению на 20% относительно среднестатистической нормы глубины протаивания сезонно-талого слоя. Обсуждаются результаты проверки гипотезы о косвенном влиянии масштабных тепловых аномалий на сезонные вариации речных стоков, обусловленные изменениями грунтового питания, в условиях криолитозоны Сибири.*
Ключевые слова: *дистанционные данные, температура, послепожарные участки, криолитозона, сезонноталый слой, сток рек.*

В современных условиях криолитозона Сибири (в частности, на территории Красноярского края сплошная мерзлота – севернее 66° с.ш., южнее – зона прерывистой и островной мерзлоты) испытывает комплексное воздействие природных и антропогенных факторов на фоне ужесточения пожарных режимов [1, 2], значительных масштабов ежегодной гибели древостоев [3], вырубок, а также повышения уровня освоения территории. Это, наряду с прогнозируемыми климатическими изменениями, может ускорять развитие негативных последствий в экосистемах криолитозоны в целом. В частности, активно обсуждаются такие актуальные вопросы, как изменения в распределении и деградация приповерхностных слоев мерзлоты, вариации температурного, водного балансов и т.д., вызванные нарушениями растительных покровов [4–6]. Однако комплексный мониторинг масштабов эффектов в криолитозоне обсуждаются лишь в единичных публикациях [7, 8].

Констатировать масштабы пожарного воздействия в мерзлотной зоне Сибири, а также прогнозировать возможные эффекты, отражающиеся на функционировании экосистем криолитозоны в целом, невозможно без привлечения новых подходов и методов тематической обработки спутниковых данных.

В результате воздействий на лесной полог, напочвенный покров и верхние органогенные горизонты почв фиксируются значительные изменения альбедо подстилающей поверхности, что формирует условия для аномального прогрева нарушенных участков в весенне-летний период времени. Низкая скорость выравнивания тепловой аномалии подстилающей поверхности в криолитозоне [9] позволяет рассматривать этот фактор, как один из значимых для долговременного устойчивого состояния почв мерзлотного слоя. В качестве индикатора долговременного проявления деструктивного эффекта в сезонно-талых почвах авторами впервые предложено использовать данные о динамике теплового фона поверхности и относительной величине температурных аномалий (которые на 20–40% выше фоновых значений), регулярно фиксируемой спутниковыми системами в тепловом ИК диапазоне (λ = 10,780 – 11,280 мкм). Динамика тепловой энергии в почве может быть получена методами численного моделирования на основе решения уравнения теплопроводности.

Цели данной работы – разработка подходов для мониторинга послепожарной динамики температурных режимов постпирогенных участков и прогнозирование эффектов, отражающихся на гидротермическом режиме сезонно-талых слоев и, опосредованно, на стоках рек криолитозоны.

В работе использованы данные спутникового мониторинга за период 1996–2017 гг., представленные в формате геоинформационного банка данных полигонов пожаров [10]. Исходными материалами служили спутниковые съемки NOAA/AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), Terra и Aqua/MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) с пространственным разрешением 1000 м. Съемки среднего пространственного разрешения (Landsat/ETM/OLI, 15–30 м) использовались для валидации пирогенно нарушенных участков. Использовали показатель горимости, как отношение общей площади лесов в границах бассейнов рек к площади пирогенного нарушения в год (γ, %).

Предварительная характеристика послепожарных участков выполнялась по спектральным признакам с использованием ретроспективных материалов съемки Terra и Aqua в диапазонах длин волн λ_1 = 0,620 – 0,670 мкм, λ_2 = 0,841 – 0,876 мкм. Наряду с изменениями спектров растительности после пожаров, гари имеют характерный «фон» также и в тепловом диапазоне (10,780 – 11,280 мкм). Послепожарные аномалии вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), связанные с дефолиацией и нарушенностью вегетирующих покровов и температуры поверхности определяли и в абсолютных значениях, и как относительную величину отличий послепожарных участков ($T_{тест}$, $NDVI_{тест}$) от значений на фоновых полигонах ($T_{фон}$, $NDVI_{фон}$). В границах каждого участка рассмотренной выборки усреднялись значения альбедо подстилающей поверхности, индекса NDVI и температуры в 5–10 пикселах изображения Terra/MODIS. Временная динамика восстанавливалась с 1-летним и 5-летним интервалами. Для контроля использовались аналогично полученные данные для фоновых (неповрежденных) участков.

Далее численными методами выполняли оценки относительного изменения глубины протаивания мерзлотного слоя в зависимости от аномалии теплового поля поверхности. Расчеты динамики тепловой энергии в почве основаны на использовании решения уравнения теплопроводности в частных производных [11, 12]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2},$$

с граничными условиями Стефана фазовых переходов на границе слоев:

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial x}\bigg|_{x=x_{12}} - \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x}\bigg|_{x=x_{12}} = lu\rho \frac{\partial x_{12}}{\partial t}$$

где ρ – плотность породы (кг/м^3), c – удельная теплоемкость (Дж/(кг·°С)), T – температура для талого (T_1) и мерзлого слоя (T_2), x – глубина слоя (м), λ – коэффициент теплопроводности (Вт/(м·°С)) для талого (λ_1) и мерзлого слоя (λ_2), l – удельная теплота плавления (Дж/кг), u – объемная влажность почвы (%), x_{12} – глубина залегания пограничного слоя мерзлотных и талых горизонтов (м).

Решение Стефана для глубины слоя (Z) сезонного протаивания пород имеет вид [11]:

$$Z = \sqrt{\frac{2\lambda_f (T_s - T_f)\tau}{l \cdot u \cdot \rho}}, \quad (1)$$

где T_s – температура поверхности, T_f – начальная температура в точке промерзания, λ_f – коэффициент теплопроводности мерзлой почвы (Вт/(м·°С)), τ – продолжительность прогрева.

Зафиксировав температуру в слое промерзания T_f = 0 °С, получили зависимость

$$Z(T_s)\big|_{T_f=0} = \alpha \times \sqrt{T_s}, \text{ где } \alpha = \text{const}.$$

На основе предложенного подхода проведены расчеты вариаций глубины протаивания мерзлотного слоя в летний период времени в условиях аномального прогрева поверхности. Далее проверяли гипотезу о влияния масштабных тепловых аномалий поверхностного слоя на вариацию влажностного режима почв и грунтовый сток посредством обобщения открытых данных о внутри- и межсезонной вариации стока рек в привязке к территориям речных бассейнов криолитозоны Сибири. Оценивали связь постпирогенных нарушений с аномалиями объема стока рек за первую половину вегетационного периода (март–июль) за 2002–

2015 гг. Многолетние данные о величине расхода воды ($м^3/с$) и объемах стока ($км^3$) рек Сибири были обобщены из открытых баз данных R-ArcticNET 4.0 (http://www.R-ArcticNET.sr.unh.edu), интегрированной мониторинговой системы Arctic-RIMS (Rapid Integrated Monitoring System) (http://rims.unh.edu/index.shtml), The Global Runoff Data Centre, Composite Runoff Field V 1.0 (http://www.compositerunoff.sr.unh.edu/) [13, 14].

Основные результаты и их обсуждение. Для постпирогенных участков получены количественные оценки пределов вариации аномалий вегетационного индекса NDVI (после пожара – снижение на 61%) и температуры поверхности (после пожара – повышение на 47%) в сравнении с фоновыми значениями. В течение 10-летнего срока после пирогенной нарушенности данные аномалии снижались экспоненциально (рис. 1, а). Через десять лет послепожарные участки фактически не отличаются от фоновых по индексу NDVI [15], что определяется динамикой восстановления растительного покрова. Зафиксированное отклонение от фоновых значений в среднем не превышало 9% при существенной дисперсии σ = 5%. При этом аномалии теплового фона оставались значимыми и после 10 лет восстановительных сукцессий – превышение относительно фоновых значений зафиксировано на уровне ~20%. Таким образом, скорость выравнивания тепловых аномалий относительно фоновых значений температуры поверхности в 2.5 раза ниже, чем скорость восстановления характеристик альбедо и индекса NDVI (см. рис. 1, а).

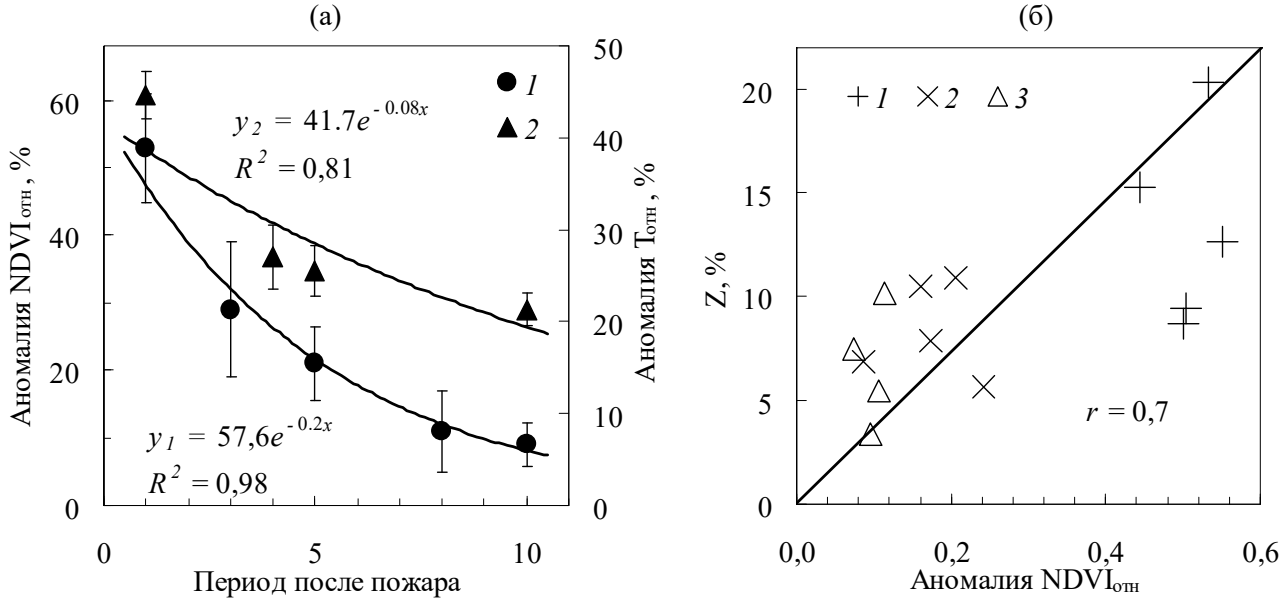


Рис. 1. (а) Динамика относительной аномалии индекса NDVI (1) и температуры (2) в течение 10 лет послепожарного восстановления растительного покрова. (б) Оценки численными методами приращения относительной глубины протаивания (*Z*): через один год после пожара (1), 5 лет после пожара (2), 10 лет после пожара (3)

Расчеты и натурные измерения [16, 17] фиксируют среднестатистическую норму сезонного протаивания мерзлотных почв в условиях схожих с районом исследований на уровне 0,6–2,0 м. Аномальный прогрев значительных участков является причиной увеличения глубина протаивания (*Z*) в среднем на 10–20% (рис. 1, б) относительно среднестатистической нормы, что следует из проведенного численного моделирования на основе (1). Решение Стефана для глубины слоя сезонного протаивания пород в качестве параметра содержит τ– длительность периода нагрева. В условиях устойчивых антициклонов длительностью 20 и более дней избыточное количество тепла на поверхности способно провоцировать протаивание почвенного профиля на дополнительные 0,5 м. С учетом запаздывания температурной динамики с глубиной почвенного профиля до 10–20 дней [16], и времени фиксируемых максимумов температуры на поверхности периодом максимального протаивания в криолитозоне Сибири является третья декада июля–начало августа.

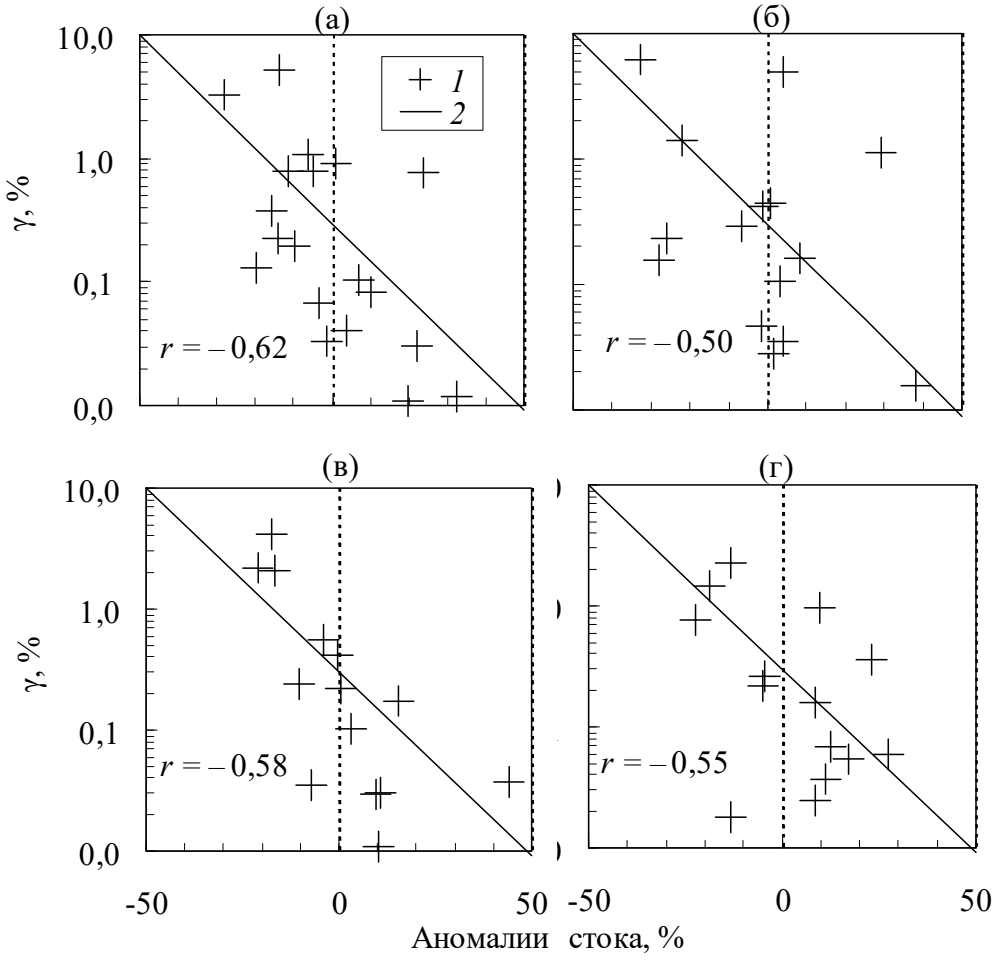


Рис. 2. Графики корреляционного поля горимости лесов в границах бассейнов рек (γ, %) и аномалий стока за первую половину вегетационного периода (март–июль): Алдан (а), Вилюй (б), Подкаменная Тунгуска (в), Нижняя Тунгуска (г). 1 – по фактическим данным, 2 – модель

Отклик на масштабные пирогенные изменения должен проявляться также в температурном и водном режимах сезонно-талого слоя почв. Была высказана гипотеза о том, что опосредованно показатели горимости региона оказывают влияние на внутрисезонную динамику объема стока рек Средней Сибири в послепожарный летне-осенний период, так как до 10–25% их питания определяет грунтовый сток. Подтверждение данной гипотезы получено при анализе доступных хронологий (1939–2017 гг.) экстремальных пожарных событий в границах бассейнов рек Средней и Восточной Сибири [18–20] и помесячных данных о стоках рек (Нижняя Тунгуска, Подкаменная Тунгуска, Алдан, Вилюй). Период повторения минимумов речных стока составлял от 18 до 25 лет. Зафиксирована корреляционная связь (рис. 2) стока с экстремальными значениями показателя горимости лесов (γ, %) в границах бассейнов рек на уровне r ~ –0.50…–0.62 ($p<0.05$). Уровень значимости этой связи, по всей вероятности, определяется состоянием и послепожарными изменениями почвенно-грунтовых условий в бассейнах рек криолитозоны, в том числе протаиванием мезлотных слоев.

На фоне прогнозируемых изменений климата, ужесточения пожарных режимов и повышения горимости лесов криолитозоны интегральный эффект постпирогенных тепловых аномалий будет увеличиваться и, вероятно, приобретать все большие масштабы. С учетом уровня пирогенного воздействия в современных условиях это может определять долговременную динамику сезонно-талых слоев всей криолитозоны Сибири, что требует дальнейшего изучения, в том числе средствами дистанционного мониторинга.

Работа выполнена в рамках базовых проектов № 0356–2016–0707, 0356–2016–0706 и при поддержке РФФИ грант № 17-04-00589, № 18-05-00432, а также Правительства Красноярского края и Красноярского краевого фонда науки № 18-41-242003. Техническое обеспечение: Центр коллективного пользования и Единый регионального центра ДЗ ФИЦ КНЦ СО РАН (Красноярск). Авторы благодарны за данные, предоставленные The Global Runoff Data Centre (56068 Koblenz, Germany).

Литература

1. Flannigan M., Stocks B., Turetsky M., Wotton M. Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest // Glob. Change Biol. 2009. Vol. 15, № 3. P. 549–560.

2. Kharuk V.I., Dvinskaya M.L., Petrov I.A., Im S.T., Ranson K.J. Larch Forests of Middle Siberia: Long-Term Trends in Fire Return Intervals // Reg. Environ. Change. 2016. № 8. P. 2389–2397.

3. Барталев С. А., Стыценко Ф. В., Егоров В. А., Лупян Е. А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров // Лесоведение. 2015. № 2. С. 83–94.

4. Анисимова О. А., Шерстюков А. Б. Оценка роли природно-климатических факторов в изменениях криолитозоны России // Криосфера Земли. 2016. Т. XX. № 2. С. 90–99.

5. Brown D. R. N., Jorgenson M. T., Kielland K., Verbyla D. L., Prakash A. and Koch J. C. Landscape Effects of Wildfire on Permafrost Distribution in Interior Alaska Derived from Remote Sensing // Remote Sens. 2016. № 8. 22 p. doi: 10.3390/rs8080654.

6. Безкоровайная И. Н., Борисова И. В., Климченко А. В., Шабалина О. М., Захарченко Л. П., Ильин А. А., Бескровный А. К. Влияние пирогенного фактора на биологическую активность почв в условиях многолетней мерзлоты (Центральная Эвенкия) // Вестник КрасГАУ. 2017. № 9. С. 181–189.

7. Скрябин П.Н., Варламов С.П. Термический режим грунтов нарушенных ландшафтов Центральной Якутии // Криосфера Земли. 2013. Т. XVII, № 3. С. 44–49.

8. Корниенко С.Г. Изучение трансформации тундрового напочвенного покрова на участках пирогенного поражения по данным спутников Landsat // Криосфера Земли. 2017. Т. XXI, № 1. С. 93–104.

9. Пономарев Е.И., Пономарева Т.В. Влияние послепожарных температурных аномалий на сезонное протаивание почв мерзлотной зоны Средней Сибири по дистанционным данным // Сиб. эколог. журнал. 2018. № 4. С. 477–486. doi: 10.15372/SEJ20180408.

10. Пономарев Е.И., Швецов Е.Г. Спутниковое детектирование лесных пожаров и геоинформационные методы калибровки результатов // Исслед. Земли из космоса. 2015. № 1. С. 84–91. DOI: 10.7868/S0205961415010054.

11. Аржанов М.М., Елисеев А.В., Демченко П.Ф., Мохов И.И. Моделирование изменений температурного и гидрологического режимов приповерхностной мерзлоты с использованием климатических данных (реанализа) // Криосфера Земли. 2007. Т. XI, № 4. С. 65–69.

12. Виноградов Ю. Б., Семенова О. М., Виноградова Т. А. Гидрологическое моделирование: методы расчета динамики тепловой энергии в почвенном профиле // Криосфера Земли. 2015. Т. XIX. № 1. С. 11–21.

13. Bring A., Shiklomanov A., Lammers R.B. Pan-Arctic river discharge: Prioritizing monitoring of future climate change hot spots // Earth's Future. 2017. Vol. 5, № 1. P. 72–92.

14. Holmes R.M., Shiklomanov A.I., Tank S.E., McClelland J.W., Tretiakov M. River Discharge // Arctic Report Card: Update for 2015. URL: https://www.arctic.noaa.gov/Report-Card/Report-Card-2015/ArtMID/5037/ArticleID/227/River-Discharge

15. Швецов Е.Г., Кукавская Е.А., Буряк Л.В. Спутниковый мониторинг состояния лесной растительности после воздействия пожаров в Забайкальском крае // Сибирский экологический журнал. 2016. Т. 23. № 6. С 832–842.

16. Десяткин Р.В., Десяткин А.Р., Федоров П.П. Температурный режим мерзлотно-таежных почв Центральной Якутии // Криосфера Земли. 2012. Т. XVI, № 2. С. 70–78.

17. Лебедева Л. С., Семенова О. М., Виноградова Т. А. Расчет глубины сезонноталого слоя в условиях различных ландшафтов колымской водно-балансовой станции на основе гидрологической модели «Гидрограф» // Криосфера Земли. 2015. Т. XIX, № 2. С. 35–44.

18. Ivanova G.A. The history of forest fire in Russia // Dendrochronologia. 1999. Vol. 16–17. P. 147–161.

19. Харук В.И., Двинская М.Л., Рэнсон К. Пространственно-временная динамика пожаров в лиственничных лесах северной тайги Средней Сибири // Экология. 2005. № 5. С. 1–10.

20. Валендик Э.Н., Иванова Г.А. Экстремальные пожароопасные сезоны в бореальных лесах Средней Сибири // Лесоведение. 1996. № 4. С. 12–19.

REMOTE MONITORING OF THERMAL ANOMALIES AND SEASONAL THAWING OF SOILS IN THE PERMAFROST ZONE AFTER WILDFIRES

E.I. Ponomarev[1, 2], T.V. Ponomareva[1, 2]

[1] V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, evg@ksc.krasn.ru
[2] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, bashkova_t@mail.ru

Summary. *The results of post-pyrogenic monitoring of thermal anomalies dynamics of the surface layer under conditions of cryolithozone are discussed. Perennial series of satellite imagery were used. Long-term consequences of the "background" in the thermal range (10,780 – 11,280 μm) are considered, affecting the temperature and water conditions of the on-ground cover and surface layers of the soil. It has been shown numerically that the disturbances in the upper organogenic horizons of soils accompanied by surface temperature anomalies can lead to an increase of seasonally thawed layer depth up to 20% relative to the average statistical value. The results of the hypothesis testing are discussed of the indirect effect of large-scale thermal anomalies on seasonal variations of river discharge due to changes in groundwater supply under Siberian permafrost zone conditions.*

Keywords: *remote data, temperature, post-fire areas, permafrost zone, seasonally thawed layer, river discharge.*

УДК 631.4

ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

О.В. Решоткин

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, reshotkin@rambler.ru

Аннотация. *Проведено исследование изменений температуры почвы и воздуха, осадков и снежного покрова на территории степной зоны Юга Средней Сибири. Выявлены тенденции изменений данных величин в многолетнем и сезонном циклах за весь период наблюдений и тенденции начала XXI в. Установлено, что для современного периода характерно потепление почвенного климата.*
Ключевые слова: *климат, изменение климата, температура почвы.*

Температура почвы играет важную роль во всех физических, биологических и микробиологических процессах, происходящих в почве. Она регулирует прорастание семян растений, угнетает или усиливает рост корней, а также выступает в качестве буфера экстремальных значений температуры воздуха. Температура почвы влияет на биологическую активность почвы, например, скорость разложения органического вещества и выделение углекислого газа из почвы. Увеличение температуры почвы вместе с общим изменением климата может привести к изменению некоторых почвенных свойств и процессов.

Изменение температуры почвы является важным индикатором изменения климата. Анализ долгосрочных тенденций динамики температуры почвы во взаимосвязи с другими климатическими параметрами может дать ценную информацию об изменении климата, а также позволит спрогнозировать возможные пути эволюции почв.

Для изучения динамики температуры каштановых почв Юга Средней Сибири нами использованы данные наблюдений на метеостанции Хакасская (Абакан) за период 1941–2017 гг. Координаты станции: 53°46′ с.ш., 91°19′ в.д., высота – 254 м.

Метеостанция Хакасская расположена в селе Зеленое в 13 км на северо-запад от города Абакана, в северо-западной части Хакасско-Минусинской котловины, в степной засушливой зоне. Рельеф в районе станции представляет собой плоскую равнину, обрамленную горами и слегка покатую к Красноярскому водохранилищу, расположенному в 8 км к востоку от станции. Исследуемая почва – каштановая легкосуглинистая.

В данном исследовании на примере каштановых почв степной зоны Хакасии температура почвы была проанализирована в сезонных и годовых циклах на различных глубинах от 20 до 320 см. Кроме того, были проанализированы температура воздуха, осадки и снежный покров с целью выявления тенденций их динамики, а также их взаимосвязи с температурой почвы.

Климат степных холодных территорий Азиатской части России имеет следующие особенности: застой в межгорных котловинах в осенне-зимний период холодных масс воздуха, в результате чего приземные слои воздуха охлаждаются до низких температур и малое количество атмосферных осадков [1].

Температура воздуха.

Климатическая норма (КН) среднегодовой температуры воздуха, рассчитанная за период 1961–1990 гг. для метеостанции Хакасская составляет 1.0°С. За весь период наблюдений (1941–2017 гг.) среднегодовая температура воздуха составляет 1.2°С и варьирует от -1.6 до 4.0°С. Теплый период года продолжается 7 месяцев с апреля по октябрь. Холодный период продолжается 5 месяцев с ноября по март. Температура самого теплого месяца (июля) 19.5°С, температура самого холодного месяца (января) -18.7°С. Годовая амплитуда температуры воздуха 38.2°С, что свидетельствует о высокой степени континентальности климата.

Начиная с момента начала наблюдений за температурой воздуха, наблюдается тенденция ее увеличения. Линейный тренд повышения среднегодовой температуры воздуха составил за весь 77-летний период наблюдений 0.033°С/год, за последние 50 лет – 0.039°С/год, а за по-

следние 30 лет – 0.009°С/год. Таким образом, за последние 77 лет среднегодовая температура воздуха выросла на 2.57°С, за последние 50 лет – на 1.95°С, а за последние 30 лет – всего на 0.27°С. Последние три десятилетия отмечается некоторая стабилизация среднегодовой температуры воздуха, которая до этого непрерывно росла на протяжении пяти десятилетий подряд (рис. 1, А).

Рост температуры воздуха за период 1941–2017 гг. существенно различается в разные сезоны года. Так, в весенний и осенний сезоны температура воздуха за 77 лет увеличилась на 2.7 и 2.2°С соответственно, что сопоставимо с ее годовым ростом. В летний сезон температура воздуха увеличилась всего на 0.9°С. Наибольший рост температуры отмечается в зимний сезон на 4.6°С. В целом, рост температуры воздуха в холодный период года был значительно выше, чем в теплый период.

Осадки и снежный покров.

Исследуемая территория отличается невысоким увлажнением. Она наиболее увлажняется летом и очень сильно иссушается в зимний период. Среднегодовое количество осадков за период 1959–2017 гг. варьирует от 196 до 541 мм при климатической норме 297 мм. В течение года осадки выпадают неравномерно. Наибольшее их количество за период 1961-1990 гг. (КН) приходится на лето (175 мм) и осень (61 мм), что составляет соответственно 59 и 21%. На весну приходится 39 мм или 13%, а на зиму 22 мм или 7% осадков. Сумма осадков за теплый период 264 мм, за холодный период 33 мм, что составляет соответственно 89 и 11%.

Линейный тренд повышения годового количества осадков за период 1959-2017 гг. составил 0.957 мм/год. За 59-летний период наблюдений годовое количество осадков увеличилось на 56 мм, из которых 53 мм или 95% приходится на теплый период года. Увеличение осадков происходило неодинаково в разные сезоны года. Более всего увеличились летние и весенние осадки, на 30 и 20 мм соответственно. Осенние осадки увеличились на 8 мм, а зимние осадки почти не изменились, уменьшившись на 1 мм, что находится в пределах статистической погрешности.

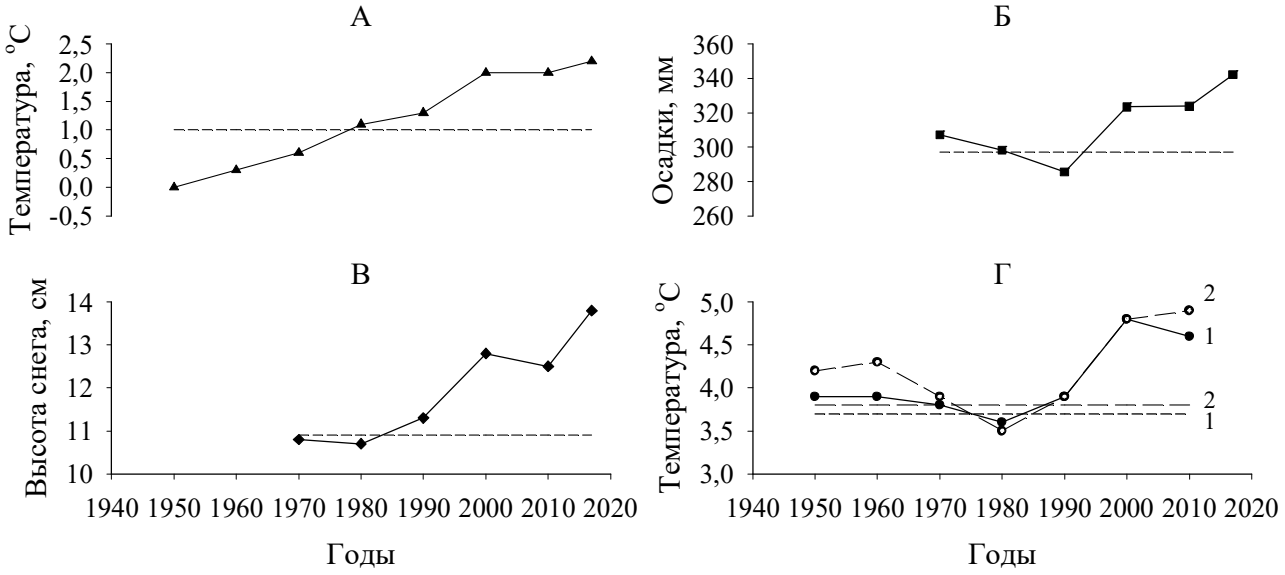


Рис. 1. Динамика температуры воздуха (А), осадков (Б), высоты снежного покрова (В) и температуры почвы на глубинах 40 (1) и 160 (2) см (Г). Прямой пунктирной линией показана климатическая норма

В холодный период осадков выпадает очень мало, поэтому зима малоснежная. Среднее число дней со снежным покровом составляет 123 дня. Высота снежного покрова превышает 1 см с первой декады ноября по вторую декаду марта. Своих максимальных значений, в среднем около 8 см высота снежного покрова достигает в первой-второй декадах февраля. Средняя из наибольших декадных высот снежного покрова за период наблюдений 1959–2017 гг. варьирует от 3 до 28 см при климатической норме 11 см.

Отмечается тенденция увеличения высоты снежного покрова, начиная с 1980-х гг. (рис. 1, В). Линейный тренд повышения наибольшей декадной высоты снежного покрова за период 1959–2017 гг. составил 0.057 см/год. За 59-летний период наблюдений наибольшая декадная высота снежного покрова увеличилась на 3 см. Число дней со снежным покровом, наоборот уменьшилось на 8 дней, что связано с потеплением климата.

Температура почвы.

Среднегодовая температура почвы на глубинах 20, 40 и 80 см составляет 3.7°С (КН). С глубиной она незначительно увеличивается до 3.8°С на 160 см и 3.9°С на 320 см. С момента начала наблюдений среднедесятилетняя среднегодовая температуры почвы сначала понижалась достигнув своего минимума в 1970-е гг., а затем начался ее рост, который на больших глубинах 160 и 320 см продолжился и в начале XXI в. На малых глубинах 20 и 40 см в первое десятилетие XXI в. отмечается незначительное снижение среднегодовой температуры почвы (рис. 1Г). В целом, за период 2001–2010 гг. среднегодовая температура почвы была выше климатической нормы 1961–1990 гг. на 0.9°С на глубинах 20 и 40 см, на 1.0°С на 80 и 320 см и на 1.1°С на 160 см, что свидетельствует о существенном потеплении почвы.

Линейный тренд повышения среднегодовой температуры почвы за период 1941–2012 гг. составил на глубине 80 см 0.013°С/год, а на глубине 160 см 0.011°С/год. За 72-летний период среднегодовая температура почвы на глубине 80 см выросла на 0.9°С, а на глубине 160 см на 0.8°С. В разные сезоны года температура почвы на протяжении периода наблюдений изменялась неодинаково. Так, наиболее холодными в зимний сезон были 1960–1970-е гг., а в летний сезон 1970–1980-е гг. Наиболее теплыми как в зимний, так и в летний сезон были 1990–2000-е гг. (рис. 2).

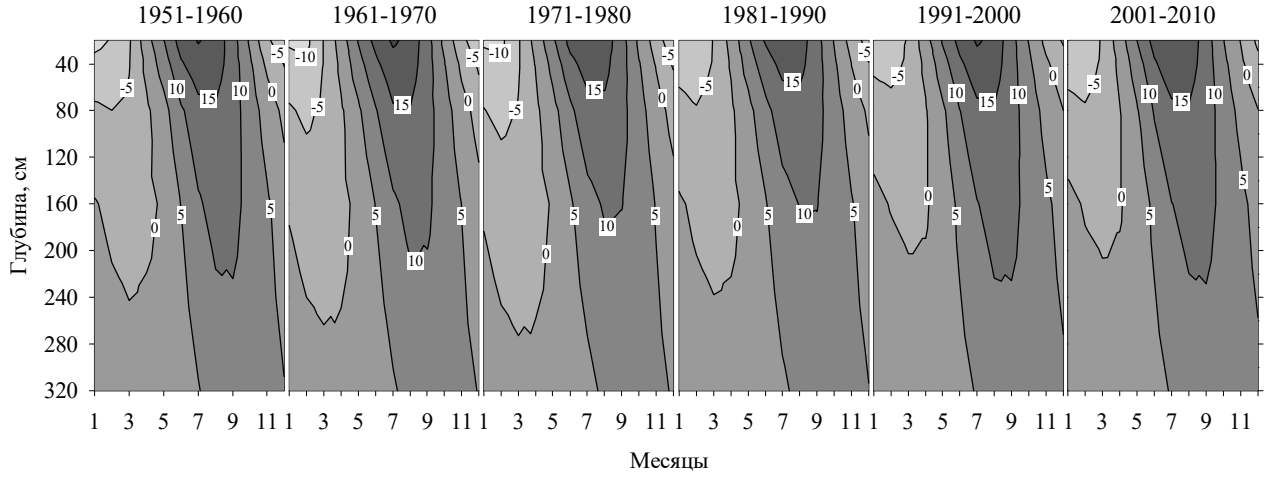


Рис. 2. Динамика температуры почвы по десятилетиям

Годовой ход температуры почвы на глубине 20 см характеризуется максимумом в июле и минимумом в феврале. КН температуры почвы июля 19.7°С, февраля –10.7°С. Время наступления максимальных и минимальных значений средней месячной температуры с увеличением глубины запаздывает на 2-3 месяца. На глубине 40 см максимум средней месячной температуры приходится на июль, на 80 и 160 см на август, а на 320 см на сентябрь. Минимум средней месячной температуры приходится на глубинах 40-80 см на февраль, на 160 см на март, а на 320 см на май. Годовая амплитуда температуры почвы на глубине 20 см 30.4°С, что согласно В.И. Димо характеризует климат почвы как резко континентальный [2]. С увеличением глубины амплитуда колебаний температуры почвы постепенно затухает. На глубине 160 см она уменьшается до 12.7°С, а на 320 см до 6.6°С.

Продолжительность холодного периода (с отрицательной температурой почвы) на глубинах 20-80 см около 5 месяцев. С глубиной она уменьшается до 4 месяцев на 160 см. На глубине 320 см холодный период отсутствует. В первое десятилетие XXI в. на всех глубинах отмечается уменьшение продолжительность холодного периода.

Исследуемые почвы характеризуются длительным сезонным промерзанием. Низкие отрицательные температуры и малая мощность снежного покрова в холодный период года способствуют глубокому промерзанию почвы. О глубине промерзания мы можем судить по глубине проникновения температуры 0°С в почву, хотя глубина промерзания почвы несколько меньше глубины проникновения температуры 0°С в почву.

Промерзание почвы начинается в ноябре и распространяется на глубину более 2 м. На максимальную глубину температура 0°С проникает в почву в марте-апреле. Средняя глубина проникновения температуры 0°С в почву за период 1961-1990 гг. составляет 246 см. На рис. 2 видно, что глубина проникновения термоизоплеты 0°С в почву в последние десятилетия значительно уменьшилась.

Максимальная глубина проникновения температуры 0°С в почву за период 1977–2013 гг. варьирует от 156 до 299 см при среднем значении 224 см. За данный период наблюдается тенденция уменьшения глубины проникновения температуры 0°С в почву, связанная с увеличением температуры воздуха в зимний период и увеличением высоты снежного покрова. Максимальная глубина проникновения температуры 0°С в почву уменьшилась на 37 см.

Выводы. Современное потепление климата ведет к изменению температурного режима каштановых почв Юга Средней Сибири. Наблюдается увеличение температуры почвы по всему почвенному профилю, уменьшение глубины проникновения температуры 0°С в почву, уменьшение продолжительности холодного периода. Потепление атмосферного и почвенного климата сопровождается увеличением осадков.

Литература

1. Волковинцер В.И. Степные криоаридные почвы. Новосибирск: Наука, 1978. 208 с.
2. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. М.: Колос, 1972. 360 с.

TEMPERATURE DYNAMICS IN CHESTNUT SOILS OF THE SOUTH OF MIDDLE SIBERIA IN RELATION TO CLIMATE CHANGE

O.V. Reshotkin

Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of RAS, Pushchino, reshotkin@rambler.ru

Summary. *The study of changes in soil and air temperature, precipitation and snow cover in the steppe zone of the South of Middle Siberia has been carried out. The trends of changes in these values in the annual and seasonal cycles for the entire period of observations and trends of the beginning of the XXI century are revealed. It is established that the warming of the soil climate is characteristic for the present period.*

Keywords: *climate, climate changes, soil temperature*

УДК:631.474

ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Ф.А. Садыхов

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, Азербайджан, Баку, farhad.sadiqov@bk.ru

Аннотация. *Эрозионный процесс, снижая содержание гумуса, заметно ухудшает качественные показатели почвы. В эродированных почвах заметно сокращается биологическая и микробиологическая активность почв, что сопровождается ухудшением биологических процессов биоэнергетических ресурсов и продуцирование CO_2.*

Ключевые слова: *Эрозия, плодородие почв, минеральная удобрения, продуктивность растений, гумус.*

Актуальность. Состояние тепла и влаги является главным атрибутом для развития и жизнедеятельности биоценов, их биологической активности слагаюшихся из деятельности микроорганизмов, водорослей, грибов и корневых систем растений, на которых основывается их существование. Однако определение интенсивности биохимических процессов осуществляемых ими и другими организмами непосредственно в природных условиях, более активно отражает биологическое состояние почвы. Одним из слагаемых биохимических процессов является продуцирование углекислоты или дыхание почвы.

Почвенный воздух и его состав является главным фактором почвообразовательного процесса обмена энергии и вещества, который является важным фактором для возможности биологических процессов. Для их выяснения необходимо знать содержание в воздухе углекислоты, которая, как известно выделяется в качестве конечного продукта разложения органического вещества, дыханием корней растений, типом леса и физическим состоянием почвы. Из всех указанных факторов ведущим является деятельность почвенных микроорганизмов. Результаты исследований [1] позволили сделать вывод, что интенсивность дыхания в значительной степени зависит от типа почвы. Разницу в интенсивности дыхания в почвах, относят за счёт влияния состава растительности и степени минерализации подстилки.

Основной источник образования углекислоты-лесная подстилка. Выделяющаяся при её разложении углекислота в большой массе улетучивается в приземный слой воздуха, где поглащается листьями и хвоей деревьев, в меньшей-«стекает» в почву; кроме того, углекислота образуется и в самой почве, главным образом в гумусовых горизонтах за счёт разложения гумуса.

Содержание углекислоты в почвенном воздухе динамично и находится в прямой зависимости от численности основных физиологических групп микроорганизмов, от теплового и водного режима почвы.

Сушествуют данные о том, что содержание CO_2 с глубиной увеличивается, поскольку углекислый газ как более тяжелый, концентрируется в нижних слоях [2]. Это утверждение является спорным, так как процессы разложения органического вещества затухают вместе с падением микробиологической деятельности почв.

Известно что основная роль в газообмене почв принадлежит микроорганизмам [3, 4]. Отмечено, что до 90% углекислоты возвращается в атмосферу за счет деятельности микроорганизмов, находившихся в почве, и только 10% приходится на почвенную фауну и корни растений.

Интенсивность дыхания почвы находится в тесной положительной связи с содержанием в почве органического вещества [5].

Дыхание почвы, являясь характеристикой обшей биогенности почвы, достаточно точно отражает эффективное плодородие почвы. Биологическая активность является очень важной характеристикой почвы, дополняя её агрофизические и агрохимические свойства.

Углекислота повышает в почве содержание легкодоступных для растений питательных веществ минеральные соединения азота, фосфора, калия и других элементов, усиливает реакцию обмена между жидкой и твердой фазами почв.

Биохимические процессы протекают в почве непрерывно, но интенсивность их резко меняется в зависимости от внешних факторов. В свою очередь, углекислота, которая при этом выделяется, активно влияет на интенсивность этих процессов, либо непосредственно, либо косвенно. Свойство самой почвы-её питательный режим, строение, а также характер растительности, естественно, усиливают или ослабляют эту деятельность различия биологической активности связано с равнокачественностью частей пахотного слоя по плодородию. В его верхней части обычно сосредоточена основная масса микроорганизмов в корнях растений (до 70–80%), где идут наиболее энергичные процессы разложения органического вещества.

Следовательно, углекислота, выделяющаяся с поверхности почвы, является объективным индикатором хода разложения органического вещества почвы и позволяет характеризовать , таким образом, одну из важнейших сторон биологического круговорота веществ в почве.

Объекты и методы исследования. В 1981 году была изучена интенсивность дыхания в различных типах почв юго-восточного склона Большого Кавказа, на основании которой можно отметить более высокую биологическую активность несмытых горно-лесных бурых почв-214 мг/кг за час, не эродированных горно-луговых дерновых – 140,8 мг/кг за час и горно –лесных коричневых неэридированных 120.8 мг/кг за час. Это можно объяснить тем, что эти почвы богаты растительными остатками, которые разлагаясь способствуют усиленному выделению углекислоты из почвы служат одним из показателей биологической активности почвы. Развитие эрозионных процессов сказывается на величине биологической продуктивности. Вследствие смытости верхного плодородного горизонта и с изменением физических и химических свойств этих почв происходит ослабление процессов дыхания, что приводит к снижению биологической активности. Чем более смыты почвы, тем соответственно ниже их активность. В верхнем горизонте несмытых горно-коричневых остепненных почв биологическая активность составляет 78,8 мг,кг за час, в среднесмытых величина её снижается до 64,2 мг/кг за час.

В этих случаях получается полная корреляция с содержанием гумуса. Выявлено что, продуцирование CO_2 в верхних горизонтах происходит более интенсивно, чем в нижних. Это связяно с водным и тепловым режимом почвы, здесь сосредоточена оснавная масса микроорганизиов и корней растений, а так же идут энергичные процессы разложения органического вещества. В верхнем горизонте неэродированных серо-коричневых почв выделяется 80,7 мг/кг CO_2 за час, в 10-20 см – 49,5 мг/кг за час, а в 20-30 см – 27,5 мг/кг за час. Результаты исследования позволяют делать вывод, о том что интенсивность дыхания в значительной мере находится в зависимости от сезонов. Наибольшей биологической активностью, достигаюшей в летнем периоде 126,0 мг/кг за час и 287,8 мг/кг за час в верхних горизонтах, отличаются не смытые горно-лесные коричневые и неэридированные горно-лесные бурые почвы, где одним из основных источников углекислоты является лесная подстилка.

В 1982 году проводилось изучение сезонной динамики в продуцировании CO_2 почвами системы вертикальной зональности. Исследования по изучению биологической активности почв были проведены в горно-коричневых, горно-лесных коричневых и в горно-луговых зерновых почвах.

Результаты показали, что активность дыхания этих почв повышается летом, что объясняется довольно благоприятными внешними факторами оптимальной температурой, достаточной влагой и космическими факторами. Весной же происходит снижение продуцирования CO_2. Так, например, весной в профиле сильносмытой разности количество выделяемой CO_2 составляет от 36,6 до 50 мг/кг за час, летом соответственно 38,5 и 33 мг/кг за час, что составляет исключение для данного типа почв.

Сравнительно высокой биологической активностью обладают и горно-лесные коричневые почвы. Установлено, что в неэродированной разности описываевымых почв количество CO_2, выделяемого весной, колеблется в профиле от 107,5 до 75 мг/кг за час, летом-от 166,7 до

108,1 мг/кг почв за час. В среднеэродированной и сильноэродированной разностях так же происходит ослобление биологической активности.

В 1983 году была изучена сезонная динамика продуцирования CO_2 в почвах системы вертикальной зональности юго-восточного склона Большого Кавказа. Исследованиями были охвачены горно-луговые зерновые, горно-лесные бурые, горно-лесные коричневые остепленные, горные черноземы и серо-коричневые почвы. Исследования проведены сопряженно на несмытых, средне и сильносметых разностях, на глубине 0–10, 10–20, 20–30 см.

Результаты проведенных исследований дают основание констатировать, что среди изученных почв наибольшей активностью по выделению CO_2 из почвы летом отличаются горно-лесные бурые почвы. В профиле неэродированной разности продуцирование CO_2 составило 179,2-128,3 мг/кг. Эрозионные процессы приводят к сокращению продуцирования CO_2 в почвах. В 1984 году были продолжены исследования по изучению продуцирования CO_2 почвами. Установлено, что весной наибольшей биологической активностью обладают горные черноземы и горно-лесные бурые почвы. В 0-10 см слое неэродированной разности этих почв количество CO_2 соответственно составляет 137,5 и 121,0 мг/кг за час. В среднеэродированной разности количество CO_2 выделяемого из почвы, составляет соответственно 97,2 и 102,7 мг/кг за час, на сильно эродированных 82,5 и 83,7 мг/кг за час. Аналогичная картина наблюдается и на других типах почв.

В отличие от весенного сезона, в летнем, интенсивность биохимических процессов увеличивается. Установлено, что количество CO_2 , выделяемое из 0-10 см слоя неэродированной разности горных черноземов составляет 141,2 мг/кг, горно лесных коричневых 128,7 мг/кг, горных серо-коричневых 115,5 мг/кг за час. На эродированных разностях происходят заметное уменьшение интенсивности биологической активности.

Обсуждение результатов. Исследования интенсивности выделенная CO_2 из почвы горных районов приобретает большее значение, так как горная зона является ареной большого развития эрозионных процессов, прямым последствием которого является ухудшение плодородия, разрушение плодородного и биологически активного слоя почвы. На эродированных почвах ухудшаются воднофизические свойства, агрохимические показатели и снижается уровень активности микроорганизмов, что влечёт за собой ослабление биохимических процессов в целом. На эродированных почвах снижается интенсивность выделения CO_2, что свидетельствует об ослаблении образования органических веществ.

Исходя из вышеизложенного было необходимо проведение многолетних исследований продуцирования CO_2 почвами вертикальных поясов в сезонном разрезе. Было необходимо также выяснить степень ущерба, наносимого эрозии биологической активности горных почв с тем, чтобы разработать пути интенсификации биохимических процессов и дыхания почвы. Показатели биологической активности, т.е.выделение почвами углекислоты подвергаются изменениям по сезонам года, они неодинаковы в почвах различной генетической принадлежности с разным потенциалом плодородия. Интенсивность продуцирования CO_2 заметно изменяется и в профиле почв. Наблюдается тенденция к снижению уровня биологической активности в нижних горизонтах профиля, что коррелирует с уровнем плодородия этих горизонтов.

Выводы. Исходя из опыта многолетних исследований можно отметить следующее:

1. Биологическая активность (продуцирование CO_2) почв находится в соответствии с генетическими свойствами почвы.

2. Интенсивность дыхания (выделения CO_2)зависит от плодородия почвы.

3. Наибольшей биологической активностью отличаются верхние гумусированные горизонты почвы.

4. Эрозионный процесс снижает интенсивность выделения углекислоты от 30 до 50%.

Литература

1. Некрасов В.Д. и др. Биологическая активность лесных почв Тувы. Новосибирск, 1978.

2. Имшенецкий А.А. Микробиология целлюлозы изд. АН СССР, 1953.

3. Лыков А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. М.: Росселхозиздат, 1982.
4. Бехруз. Шакури-Патология и разрушение почв эрозией на северо-восточном склоне Большого Кавказа и охрана естественных ресурсов. Баку, 2005.
5. Купревич В.Ф. Вопросы почвенной экзимологии // Вестник АН СССР. 1968. № 4.

IMPACT OF THE EROSION PROCESS ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE MAIN VERTICAL ZONAL SOIL SYSTEMS SPECIES IN THE SOUTH-EASTERN PART OF THE GREATER CAUCASUS

F.A. Sadiqov

Azerbaijan National Academ of Science Institute of Soil Science and Aqrochemistry

Summary. *The erosion process and reduction of humus content significantly deteriorate a soil quality. Biological and microbiological activity of soils is accompanied by reduction of biochemical processes of biochemical processes of bioenergy resources and CO_2 emissions in erosional soils.*
Keywords: *erosion, soil productivity, mineral fertilizers, plant productivity, humus.*

УДК 631.432.23 (470.67)

УСКОРЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПОЛЕВОЙ ВЛАГОЕМКОСТИ ПОЧВ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ СРЕДНЕГОРЬЯ ДАГЕСТАНА

Ш.К. Салихов, Г.Н. Гасанов, К.М. Гаджиев, Р.Р. Баширов

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, Россия, Махачкала, salichov72@mail.ru

Аннотация. *Разработан новый метод определения предельной полевой влагоемкости (ППВ) – вертикальная подача воды на площадку и увлажнение почвы из траншеи, нарезаемой внутри экспериментальной площадки на ту же глубину, на которой определяется ППВ почвы. Длина и ширина траншеи выбираются исходя из удобства ее копки: для глубины 0-100 см достаточны размеры соответственно 50 и 30 см. Траншея до краев заполняется водой, остатки которой, по истечении 30 минут, вычерпывают из нее. За этот период почва увлажняется в латеральном направлении одновременно по всем четырем сторонам траншеи на 7,2-11,0 см в сторону от ее стенок. Вода в почву поступает под влиянием сорбционных и капиллярных сил только до капиллярного насыщения. Предлагаемый метод позволяет определить ППВ плохо водопроницаемых и слоистых почв в полевых условиях в течение 2-3 дней (считая трехразовое определение влажности почвы до установления постоянного значения, которое соответствует ППВ) против 6-7 дней при существующей методике.*

Ключевые слова: *горная лугово-степная почва, горная бурая лесная почва, метод определения влагоемкости, предельная полевая влагоемкость, латеральное увлажнение, инфильтрация, Среднегорная подпровинция Дагестана.*

Одним из факторов определяющих географическое распространение растений и продуктивность фитоценозов является почвенная влага.

Предельная полевая влагоемкость (ППВ) – максимально возможное количество капиллярно подвешенной влаги в почве, которое остается в ней после оттока гравитационной воды. По показателям ППВ определяются запасы влаги в почве, рассчитываются нормы полива с/х культур. Наряду с влажностью завядания по ней высчитывается диапазон влажности для нормального развития растений. Отмечено также, что изменение ППВ приводит к снижению содержания в почве аммонийного и нитратного азота [1].

ППВ изменяется в различных почвах в довольно широких пределах: от 5 до 10% от массы у легких почв до 55% у некоторых тяжелых почв [2].

Традиционная методика определения наименьшей влагоемкости (НВ), основанная на «методе заливаемых площадок», довольно трудоемкая (большой расход воды, которую необходимо перевозить и подавать вручную), продолжительная по времени (до 10–15 суток) [3–5]. Метод определения ППВ, который использовали исследователи состоит в следующем: на исследуемом поле выбирают типичный участок размером 1 х 1 м или больше, обваловывают его двумя рядами земляных валов или рамками из дерева или железа высотой 20–25 см., которые вдавливают на несколько сантиметров в почву. Затем площадку заливают водой до полного насыщения почвы и отмечают время, за которое впиталась вся вода; когда вся вода впитается, площадку закрывают полиэтиленовой пленкой, а сверху слоем соломы 20 см. и таким же слоем почвы для защиты от испарения и дополнительного поступления её при выпадении осадков. Площадка находится в таком состоянии до тех пор, пока не стечет содержащаяся в расчетном слое гравитационная вода. После такого насыщения – через 1, 3, 5, 7, 10 суток определяют влажность по слоям, через каждые 10 см, пока ее показатель по результатам 3 последних определений не приобретет постоянного значения. Это значение влажности принимают за НВ для данного слоя почвы.

Одним из основных недостатков указанного метода определения ППВ является продолжительный срок определения – всего требуется не менее 10–12 дней [на полное впитывание воды в почву 1–3 суток, на отток гравитационной воды из расчетного слоя 7–10 суток и, хотя бы два дня, на трехразовое определение влажности почвы термостатно-весовым способом,

надо подождать пока, перераспределиться вся гравитационная вода и «установится капиллярное равновесие в промоченной толще».

Кроме того, расходуется большое количество воды на заливку площадки. Так, для насыщения метрового слоя тяжелосуглинистой почвы при НВ 25%, фактической влажности 15% и плотности 1,44 г/см^3 на заливку метровой площадки требуется 144 л воды. Это немалое количество, учитывая, что ее надо привозить в емкостях различной вместимости и подавать на площадку вручную.

Надо еще учесть, что при наличии уплотненных горизонтов в исследуемом слое почвы, из-за медленной ее фильтрации, большая часть воды теряется на боковой сток.

Научные исследования по определению НВ, проведенные в последующие годы, каса-лись лишь усовершенствования приборов или методов ее определения в лабораторных усло-виях [6, 7].

Цель – разработка инновационного (ускоренного) метода определения предельной полевой влагоемкости в естественных условиях.

Объекты и методы исследования. Объект исследований – горная лугово-степная карбонатная маломощная тяжелосуглинистая и горная бурая лесная олуговелая карбонатная маломощная тяжелосуглинистая почва Среднегорной подпровинции Дагестана.

Вода на экспериментальную площадку поступала одновременно ко всем слоям из траншеи, которая нарезается в центре площадки на ту глубину, на которой определяется ППВ. Ширина траншеи соответствовала ширине штыка лопаты с некоторым, на 5-7 см, превышением для удобства ее копки, шириной 30 см и длиной 50 см, вода из которой могла бы впитываться в почву в латеральном направлении до 10 см. Этот слой использовался для отбора проб почвы на содержание влаги при определении ППВ.

Для определения ППВ траншею известного объема заливали до краев рассчитанным количеством воды – 0,15 м^3 (1 м х 0,5 м х 0,3 м), или 150 литров. Затем, с интервалом 5–10 минут, проводили наблюдения за уровнем воды в канавке путем измерения расстояния от поверхности почвы до верхнего уровня воды в траншее. Одновременно фиксировали, на какое расстояние от стенки траншеи в латеральном направлении увлажнится почва. Для этого, по мере снижения уровня воды в траншее за указанный выше период, срезали слой увлажненной почвы до границы с сухой почвой, куда эта влага еще не поступила, и фиксировали это расстояние. По истечении 5-15 минут, считая от момента заливки траншеи, интенсивность поглощения воды в почву снижается. После этого оставляли воду в траншее еще 20-40 минут, чтобы быть уверенными, что в нижележащих слоях она впитается в латеральном направлении на достаточное расстояние, чтобы можно было взять образцы почвы для определения ее влажности.

По истечении 30 минут после заливки, когда в почву впитается определенная часть воды, оставшееся ее количество, удаляли из траншеи. После этого траншею закрывали деревянной доской, а поверхность экспериментальной площадки вместе с закрытой доской траншеей в радиусе 1,0 м от середины траншеи закрывали полиэтиленовой пленкой, слоем соломы в 20 см и земли в 20 см для предотвращения испарения влаги или попадания воды в случае выпадения осадков. По истечении одних суток брали образцы почвы для определения ее влажности через каждые 10 см в четырехкратной повторности (по всем четырем сторонам траншеи). Влажность почвы по указанным слоям определяли также по истечении 2; 3; 4 и 5 суток, до установления постоянной величины по итогам трех последних определений. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом послойно через 10 см до глубины 1 м.

Обсуждение результатов. Исследованием установлено, что продолжительность в 30 минут в течение которых вода находилась в траншее, вполне достаточна, для промачивания почв Среднегорья Дагестана, как минимум на 7–13 см, что достаточно для отбора образцов на влажность. При определении ППВ по предлагаемому нами методу траншея, по истечении 40 минут после заливки, очищалась от находящейся в ней воды. Стабильная влажность почвы, когда по данным трех определений получены одинаковые результаты, на исследуемых почвах в слое 0-30 см установилась на вторые сутки, в метровом слое – на третьи сутки после заливки траншеи (табл. 1, 2).

Таблица 1

Динамика влажности почв Среднегорья Дагестана при традиционной методике определения ППВ, %

Слой почвы, см	Сутки после заливки				
	3	5	6	6,5	7
Горная лугово-степная тяжелосуглинистая					
0-10	36,8±0,3	35,8±0,3	35,5±0,2	35,3±0,2	35,2±0,3
10-20	35,4±0,2	34,9±0,2	34,2±0,2	34,0±0,2	34,1±0,2
20-30	34,2±0,2	33,3±0,2	32,7±0,2	32,5±0,2	32,6±0,1
30-40	33,8±0,1	32,9±0,2	32,3±0,1	32,0±0,3	32,1±0,2
40-50	32,3±0,2	31,4±0,2	30,0±0,2	29,8±0,1	29,7±0,1
50-60	29,8±0,2	28,9±0,1	27,9±0,1	27,7±0,1	27,8±0,1
60-70	27,4±0,1	26,5±0,1	25,1±0,1	24,1±0,2	24,2±0,2
70-80	27,1±0,1	26,7±0,2	24,3±0,2	23,0±0,2	23,0±0,2
Горная бурая лесная тяжелосуглинистая					
0-10	37,8± 0,1	35,9± 0,1	34,7±0,2	34,8±0,1	34,6±0,2
10-20	36,9±0,2	34,8± 0,1	32,5±0,1	32,6±0,3	32,5±0,3
20-30	36,2±0,1	34,9± 0,3	30,8±0,2	30,5± 0,2	30,6± 0,1
30-40	36,2± 0,2	32,4± 0,2	28,3±0,3	28,1± 0,2	28,1± 0,3
40-50	36,9± 0,1	32,6± 0,1	27,7±0,2	27,4± 0,2	27,5± 0,1
50-60	38,5± 0,3	33,3± 0,2	27,9±0,1	26,8± 0,1	26,7± 0,2
60-70	33,6± 0,2	32,9± 0,2	29,7±0,2	26,3± 0,2	26,3± 0,1
70-80	27,8± 0,2	27,0± 0,1	33,8±0,1	31,2± 0,2	31,2± 0,3

Таблица 2

Динамика влажности почв Среднегорья Дагестана при ускоренной методике определения ППВ, %

Слой почвы, см	Сутки после заливки			
	1	2	3	4
Горная лугово-степная тяжелосуглинистая				
0-10	36,5±0,2	35,3±0,1	35,1±0,2	35,2±0,3
10-20	34,9±0,2	34,0±0,2	33,9±0,1	33,9±0,2
20-30	33,1±0,2	32,8±0,1	32,6±0,2	32,6±0,2
30-40	33,4±0,2	32,7±0,2	32,3±0,3	32,3±0,2
40-50	31,4±0,3	30,9±0,2	30,2±0,2	30,2±0,1
50-60	28,7±0,2	28,0±0,3	27,9±0,1	27,9±0,2
60-70	26,1±0,1	24,8±0,2	24,3±0,1	24,3±0,2
70-80	28,15±0,2	26,1±0,2	23,3±0,2	23,3±0,3
Горная бурая лесная тяжелосуглинистая				
0-10	36,6±0,1	34,9±0,1	34,8±0,1	34,8±0,2
10-20	34,2±0,2	32,2±0,1	31,9±0,2	31,9±0,1
20-30	31,7±0,2	31,7±0,2	28,3±0,1	28,3±0,2
30-40	29,6±0,1	28,4±0,1	27,7±0,2	27,7±0,1
40-50	29,8±0,3	29,2±0,3	28,9±0,1	28,9±0,2
50-60	26,5±0,1	25,6±0,2	24,4±0,2	24,4±0,2
60-70	27,2±0,2	26,1±0,1	22,3±0,2	22,3±0,3
70-80	24,4±0,1	22,6±0,2	21,4±0,3	21,4±0,2

Заключение. Методика ускоренного определения ППВ почв в полевых условиях, позволяет сократить сроки ее определения до 2–3 дней, против 6–10 дней при существующих методиках. Сроки определения сокращаются за счет одновременной подачи воды ко всем слоям почвы и увлажнение ее в латеральном направлении под влиянием капиллярных и сорбционных сил, сокращается время фильтрации воды. Кроме того значительно облегчена трудоемкость процесса, уменьшено количество используемой воды.

Литература

1. Нестерова Л.Б., Кудрявцев А.Е., Кудрявцева Н.Ф. Влияние агротехнических приёмов обработки почвы на физические свойства почв и мобилизацию подвижных форм азота в условиях Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 6 (56). С. 13–17.

2. Роде А.А. Избранные труды. Т. 3. Основы учения о почвенной влаге. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. 664 с.

3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М. Агропромиздат, 1986. 416 с.

4. Козлова А.А. Учебная практика по физике почв. Иркутск. 2009. 81 с.

5. Шеин Е.Ф., Карпачевский Л.О. Теория и методы физики почв. М.: Гриф и К, 2007. 616 с.

6. Руцескас Ю.Ю. Метод определения полной влагоемкости и общей пористости почв // Почвоведение. 2004. № 2. С. 203–208.

7. Гелев В.Ю. Физика почв: учебно-методические указания по полевой практике. 2012. С. 13–16.

ACCELERATED METHOD OF DEFINITION FOR DETERMINING WATER CAPACITY OF SOILS SLOPING LANDS MEDIUM DAGESTAN

Sh.K. Salikhov, G.N. Gasanov, K.M. Gadzhiev, R.R. Bashirov

Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Scientific Center of RAS, Russia, Makhachkala, salichov72@mail.ru

Summary. *A new method for determining the maximum field moisture capacity (WPV) is developed – vertical supply of water to the site and moistening of the soil from the trench cut within the experimental site to the same depth at which the soil PVV is determined. The length and width of the trench are chosen based on the convenience of its digging: for a depth of 0-100 cm, dimensions of 50 and 30 cm, respectively, are sufficient. The trench is filled to the brim with water, the remains of which, after 30 minutes, are scooped out of it. During this period the soil is moistened in the lateral direction simultaneously along all four sides of the trench by 7.2-11.0 cm away from its walls. Water enters the soil under the influence of sorption and capillary forces only up to capillary saturation. The proposed method makes it possible to determine the APW of poorly permeable and layered soils in the field for 2-3 days (counting the three-time determination of the soil moisture until a constant value is established that corresponds to the PPV) against 6-7 days under the existing method.*

Keywords: *mountain meadow-steppe soil, mountain brown forest soil, method of determination of moisture capacity, maximum field moisture capacity, lateral moistening, infiltration, Middle-mountain subprovince of Dagestan.*

УДК 631.41

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

В.В. Старцев[1], Д.Д. Хайдапова[2], А.А. Дымов[1]

[1] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия, vik.startsev@gmail.com, aadymov@gmail.com
[2] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, dkhaydapova@yandex.ru

Аннотация. *Изучены особенности органического вещества (ОВ) и его влияние на реологические свойства почв Приполярного Урала. Методом денсиметрического фракционирования выделены основные пулы ОВ. Выявлено, что основу составляет тяжелая органоминеральная фракция. Максимальные концентрации углерода выявлены в легких фракциях свободного и окклюдированного ОВ. Органическое вещество легких фракций играет ключевое значение при определении реологических параметров устойчивости и пластичности почв.*
Ключевые слова: *Приполярный Урал, реология, физика почв, почвы с многолетнемерзлыми породами, почвенное органическое вещество.*

Почвы – один из важнейших компонентов функционирования экосистем, поэтому исследование различных аспектов почвенного покрова является актуальной задачей современного почвоведения. Во всем мире уделяется особое внимание почвам северных регионов [1]. Территория исследования является южным пределом распространения криолитозоны на европейском Северо-Востоке России. Огромные размеры территории Приполярного Урала, особенности геоморфологии, сложно расчлененный рельеф обусловили значительное разнообразие наземных и водных экосистем и закономерную смену почвенно-растительного покрова. В ряде работ выделяют особую роль органического вещества (ОВ) в эволюции почв, формирующихся в горных регионах. Известно, что почвенное органическое вещество (ПОВ) определяет и ряд физических свойств почв. Одним из наиболее информативных методов в изучении физических параметров почв является исследование их реологических свойств [2]. С помощью реологических исследований можно составить представление о характере структурных связей, которые преобладают в почвах, и деформационном поведении почв [3]. Неизученным остается характер влияния ПОВ на реологические свойства почв горных территорий.

Цель работы – изучить особенности почвенного органическое вещества и его влияние на реологические свойства почв Приполярного Урала.

Объекты исследования располагались в северной части Приполярного Урала на территории национального парка «Югыд ва». Согласно почвенно-географическому районированию территория исследования относится к округу Приполярного Урала горно-тундровых и горно-лесных глееподзолистых потечно-гумусовых почв. Были исследованы почвы бассейна р. Кожим, формирующиеся на хребтах Западные Саледы, Яптикнырд, Северные Малды, Малдынырд, Росомаха. Согласно [4] на Приполярном Урале выделяют несколько горных высотных растительных поясов: горно-лесной, подгольцовый, горно-тундровый и пояс холодных гольцовых пустынь. Для каждого пояса был подобран ряд преобладающих почв, которые развиваются в близких экологических условиях. Всего выбрано 16 почвенных разрезов по 4 из каждого растительного пояса. Исследования проводили для двух верхних минеральных горизонтов. Горно-лесной пояс представлен лиственничниками, в которых ключевыми почвами являются подзолы. В подгольцовом поясе характерный тип растительности – разнотравные луговины с серогумусовыми почвами. Под горной лишайниково-кустарничково-зеленомошной тундрой преобладающим типом почв являются подбуры. Отдельным блоком выделены почвы с близким подстиланием многолетнемерзлых пород (ММП), формирующиеся под ерниково-моховой растительностью.

Химический анализ почв выполнен в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН общепринятыми в почвоведении методами [5]. Названия почв даны по

[6]. Почвенное органическое вещество исследовали, используя метод densиметрического фракционирования [7]. Было выделено 3 фракции: свободное ОВ ($СОВ_{<1.6}$ с плотностью <1.6 г/см^3), окклюдированное ОВ ($ООВ_{<1.6}$) и тяжелую фракцию ОВ связанного с минеральной матрицей ($ТФ_{>1.6}$). Исследования реологических параметров проводили на модульном реометре MCR-302 (Anton-Paar, Австрия) с применением программного обеспечения RHEOPLUS/32 V3.60. В ходе анализа получены следующие параметры: модуль упругости G'(Па) – мера энергии, направленная на восстановление полученной деформации почвенной структуры; LVE-range – диапазон вязкоупругого поведения (упругой деформации) образца; Crossover (%) – диапазон пластичной деформации, после которого вязкое поведение преобладает над упругим.

Почвы, формирующиеся в горно-лесном поясе сильнокислые (органогенные горизонты от 3.6 до 4.4 и минеральные от 2.5 до 4.4 ед. pH_{H2O}) горизонты. Минеральные горизонты подзолов обладают слабой насыщенностью основаниями (3-17 %). Наблюдается накопление соединений железа и алюминия в нижних иллювиальных горизонтах. Содержание углерода и азота максимально в подстилке. Для них также характерно широкое отношение C/N, что свидетельствует о слабом разложении компонентов растительного опада. Показатели кислотности для почв подгольцового пояса характеризуются близкими к нейтральным значениями до 6.2 ед. pH_{H2O} в нижних минеральных горизонтах. Почвы насыщенны основаниями (32-84 %). Обменные катионы (Ca^{2+}, Mg^{2+}) в основном аккумулированы в органогенном горизонте. Минеральные горизонты содержат их меньшее количество при некотором увеличении в верхних серогумусовых горизонтах. Верхние горизонты подгольцового пояса характеризуются также высоким содержанием углерода от 0.8 до 8.2 %. Почвы горно-тундрового пояса среднекислые. Подстилки обладают наименьшими показателями (3.3-5.5 ед. pH_{H2O}) кислотности. Нижние минеральные горизонты характеризуются значениями близкими к нейтральным (4.0-6.3 ед. pH_{H2O}). Профильное распределение обменных форм кальция и магния резко уменьшается от органогенных к минеральным горизонтам. Максимальные концентрации углерода и азота аккумулируются в подстилках и торфяных горизонтах, которые имеют широкие значения отношения C/N (19-53), в минеральных – от 6 до 19. Для почв, подстилаемых многолетнемерзлыми породами, выявлены сильнокислые показатели кислотности в подстилках (3.3-4.9 ед. pH_{H2O}). В минеральных горизонтах идет плавное уменьшение кислотности с глубиной. Выявлено регрессивно-аккумулятивное распределение по профилю содержания обменных катионов, углерода и азота. Для почв подстилаемых ММП характерны максимальные концентрации углерода (от 0.7 до 22.2%). Отношение C/N наиболее широкое для подстилочных горизонтов (27-78), в минеральных от 1 до 21. Согласно литературным и полученным ранее данным высокие концентрации углерода в верхних минеральных горизонтах характерны для почв северных регионов [1, 8, 9].

Полученные результаты показали, что состав и свойства различных фракций ПОВ определяются климатическими условиями формирования, принадлежностью к горному высотному поясу и качественным составом напочвенного растительного покрова [11]. Для всех исследованных почв характерно преобладание тяжелой фракции $ТФ_{>1.6}$ (рис. 1). Ее доля изменяется от 57 до 99 % масс. в верхних минеральных горизонтах. Для почв горно-лесного пояса характерны небольшие доли по массе легких фракций в подзолистых горизонтах. В почвах подгольцового пояса, которые развиваются под разнотравными луговинами и содержат большее количество органического вещества, доли легких фракций выше, чем в горно-лесном поясе. Доля легкой органоминеральной фракции $ООВ_{<1.6}$ достигала 1.8 % масс., максимальная доля фракции свободного органического вещества $СОВ_{<1.6}$ составляла 4.7 % масс. Доли фракций в почвах горно-тундрового пояса значительно разнятся между собой для разных почв. Максимальные значения доли легких фракций (до 18 % масс. свободного и 23 % масс. окклюдированного ОВ) выявлены для подбура с высоким содержанием неразложившихся и слаборазложившихся растительных остатков в горизонте ВН. Что объясняется коротким периодом биологической активности, высокой щебнистостью, которая способствует проникновению неразложившихся растительных остатков вниз по профилю.

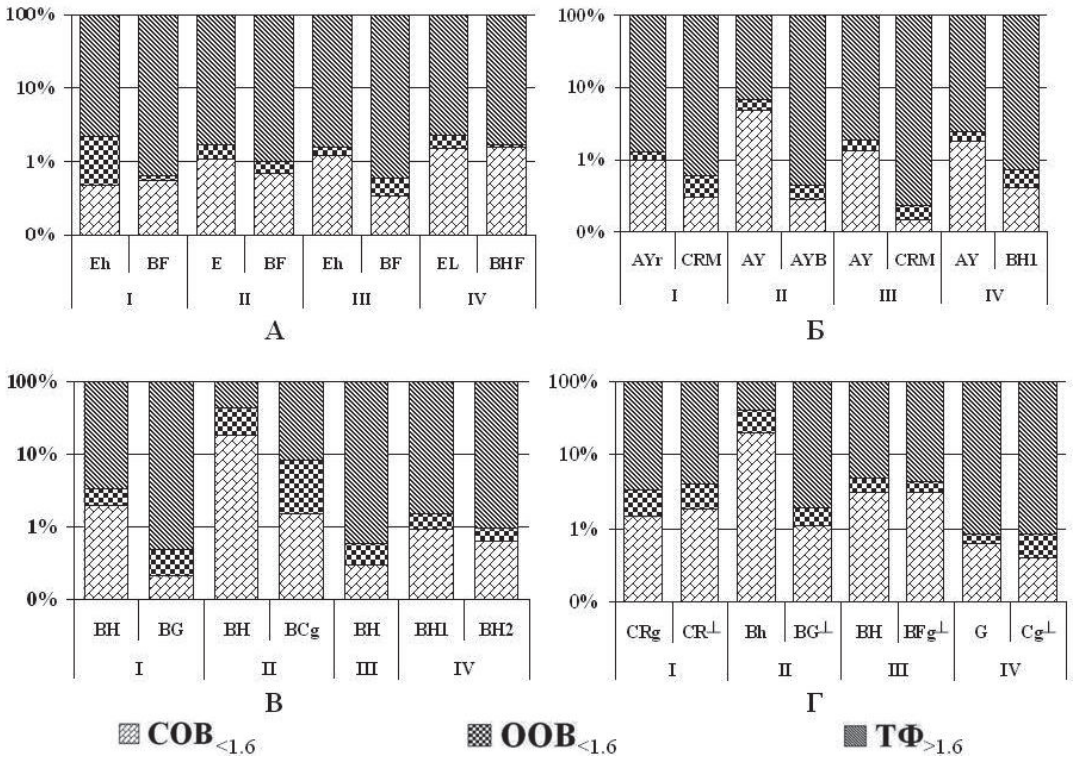


Рис. 1. Содержание денсиметрических фракций ОВ исследованных почв (% масс.) (логарифмическая шкала).
А – горно-лесной пояс, Б – подгольцовый пояс, В – горно-тундровый пояс,
Г – почвы с ММП. I, II, III, IV – почвенные разрезы

Аналогично, довольно высокими показателями долей легких фракций в верхних минеральных горизонтах обладают почвы с подстиланием многолетнемерзлых пород и характеризующиеся высоким содержанием ОВ в верхних минеральных горизонтах, что наиболее наглядно проявляется для почв, формирующихся на высокощебнистых грунтах. При анализе состава фракций, выявлено, что наибольшие концентрации углерода характерны для фракций свободного и окклюдированного органического вещества, Минимальные содержания характерны для тяжелой органоминеральной фракции. Максимальным содержанием углерода характеризуется фракция $ООВ_{<1.6}$ (до 45 % в почвах с ММП, 37.3 % для подзолов горно-лесного пояса, под луговым разнотравьем – 40.2 %, в почвах горной тундры концентрации углерода достигали 42 %). Хорошо разложившееся внутриагрегатное органическое вещество в условиях высокой щебнистости, промерзания/оттаивания в почвах горных территорий лучше сохраняется, чем свободные растительные остатки. Минимальные концентрации углерода характерны для тяжелой фракции $ТФ_{>1.6}$. В почвах горно-лесного пояса содержание углерода варьировало от 0.52 до 2.6 %, в подгольцовом поясе значения в серогумусовых горизонтах составляли до 7.2 %, максимальные концентрации углерода тяжелой фракции $ТФ_{>1.6}$ были выявлены в горно-тундровом поясе и почвах с ММП (19.5 и 12.5 %).

Полученные реологические параметры значения модуля упругости G’ в диапазоне вязкоупругого поведения характеризует основные параметры межчастичных связей почвенного образца. Показано, что верхние минеральные горизонты обладают слабым межчастичным сцеплением по сравнению с нижележащими горизонтами. Данная закономерность прослеживается для почв всех исследованных высотных поясов (рис. 2А). Это объясняется более высокими показателями содержания органического вещества в верхних минеральных горизонтах по сравнению с нижними. Образцы с большим содержанием ОВ поглощают и удерживают большее количество влаги, что позволяет частицам находиться на максимальном расстоянии друг от друга и это мешает им установить крепкие связи. В целом, в области линейной вязкоупругости по средним значениям модуля G’ для почв исследуемого региона Приполярного Урала можно выстроить шкалу, в которой более прочными будут являться меж-

частичные связи верхних минеральных горизонтов почв горно-лесного пояса, затем подгольцового, горно-тундрового и почвы с подстиланием ММП. Оценивая вклад органического вещества фракций фракций $СОВ_{<1.6}$, $ООВ_{<1.6}$ в почвах можно предположить, что именно легкие фракции и ОВ в них играет ключевую роль при определении прочности межчастичного взаимодействия в почвах, увеличении пластичности и устойчивости почвенных паст.

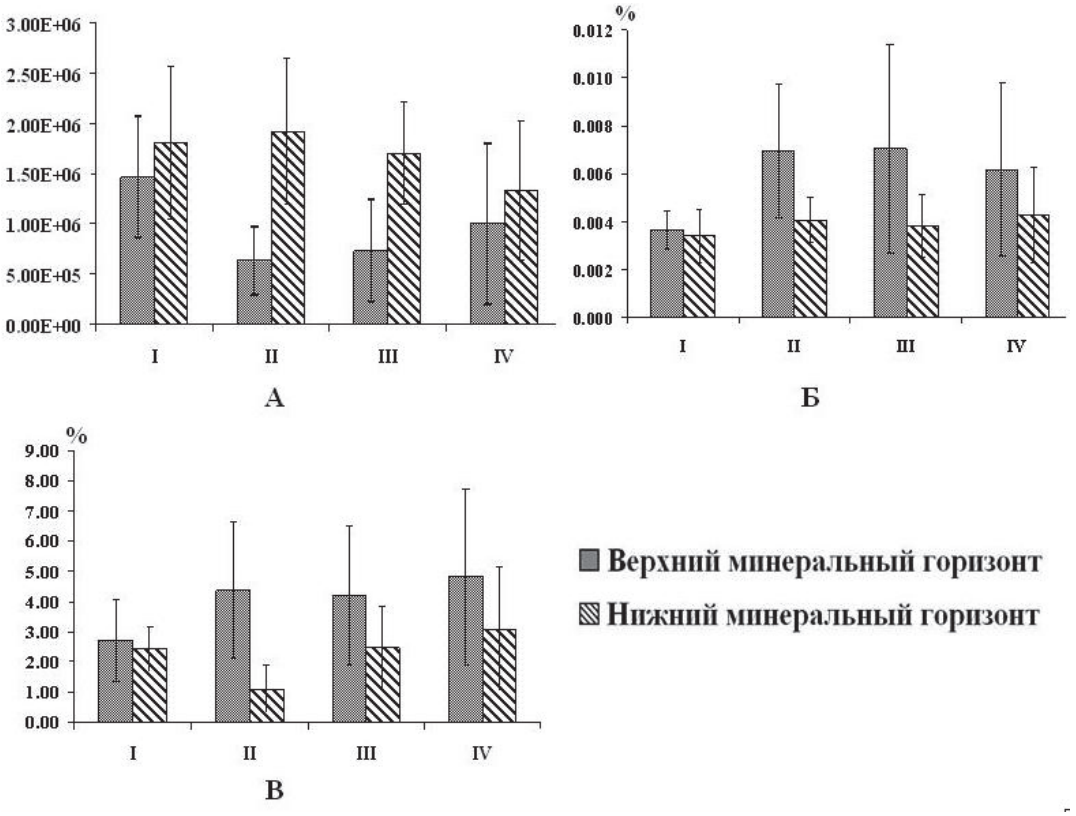


Рис. 2. Основные реологические параметры исследованных почв Приполярного Урала (n=4). А – модуль упругости G' (Па) в диапазоне вязкоупругого поведения, Б – деформация (%) в диапазоне вязкоупругого поведения, В – деформация (%) в точке Crossover. I – горно-лесной пояс, II – подгольцовый пояс, III – горно-тундровый пояс, IV – почвы с ММП

Рассматривая значения деформации в диапазоне линейного вязкоупругого поведения, которые отражают устойчивость структурных связей почв, показано, что решающую роль в формировании структурных связей играет почвенное органическое вещество, которое оказывает стуруктурирующее действие в почвах. Максимальными значениями деформации обладают верхние минеральные горизонты, характеризующиеся большим содержанием органического вещества. Рассматривая отдельные почвы различных высотных поясов видно, что почвы, формирующиеся под луговой растительностью, в суровых климатических условиях горной тундры и подстиланием ММП лучше сохраняют или консервируют органические вещества в верхних минеральных горизонтах и тем самым обладают повышенной устойчивостью к нагрузкам (рис. 2, Б). Аналогичные закономерности прослеживаются при пересечении модулей упругости и вязкости в точке Crossover, когда почва переходит в вязкое состояние (рис. 2, В). Почвы с высоким содержанием органического вещества в верхних минеральных горизонтах (горно-тундрового, подгольцового пояса и мерзлотные почвы) обладают наибольшей пластичностью. Почвы, формирующиеся в горно-лесном поясе, менее устойчивы к физическим нагрузкам ввиду меньшего содержания ОВ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-34-00618 мол_а и частично в рамках комплексной программы фундаментальных научных исследований УрО РАН №18-4-4-14 «Разнообразие основных компонентов экосистем в широтном и высотном градиентах западного макросклона Северного и Приполярного Урала».

Литература

1. Горячкин С.В. Почвенный покров Севера (структура, генезис, экология, эволюция). М.: ГЕОС, 2010. 414 с.
2. Шеин Е.В., Болотов А.Г., Хайдапова Д.Д., Милановский Е.Ю., Тюгай З.Н., Початкова Т.Н. Реологические свойства черноземов Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. №8. С 32-38.
3. Хайдапова. Д.Д., Честнова В.В., Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. Реологические свойства черноземов типичных (Курская область) при различном землепользовании // Почвоведение. 2016. № 8. С. 955–963.
4. Горчаковский П.Л. Растительный мир высокогорий Урала. М.: Наука. 1975. 248 с.
5. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС. 2006. 400 с.
6. Полевой определитель почв России. М.: Почвенный институт им В.В. Докучаева. 2008. 182 с.
7. Grunewald G., Kaiser K., Jahn R., Guggenberger G. Organic matter stabilization in young calcareous soils as revealed by density fractionation and analysis of lignin-derived constituents // Organic Geochemistry 2006. V. 37.
8. Дымов А.А., Жангуров Е.В., Старцев В.В. Почвы северной части Приполярного Урала: морфология, физико-химические свойства, запасы углерода и азота // Почвоведение. 2013. № 5. С. 507–516.
9. Старцев В.В., Жангуров Е.В., Дымов А.А. Характеристика почв высотных поясов хребта Яптикнырд (Приполярный Урал) // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2017. № 38. С. 6–27.
10. Dymov A.A., Zhangurov E.V., Hagedorn F. Soil organic matter composition along altitudinal gradients in permafrost affected soils of the Subpolar Ural Mountains // Catena. 2015. Vol. 131. P. 140–148.

SOIL ORGANIC MATTER AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE SUBPOLAR URALS

V.V. Startsev[1], D.D. Khaydapova[2], A.A. Dymov[1]

[1] Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the RAS, Syktyvkar, vik.startsev@gmail.com, aadymov@gmail.com
[2] Lomonosov Moscow State University, Moscow, dkhaydapova@yandex.ru

Summary. *The features of soil organic matter (SOM) and its influence on the rheological properties of soils of the Subpolar Urals are studied. Method of densimetric fractionation identified the main pools of SOM. It is revealed that the basis is a heavy organomineral fraction. The maximum concentration of carbon detected in the light fractions of free and occluded OM. Organic matter of light fractions plays a key role in determining rheological parameters of soil stability and plasticity.*
Key words: *Subpolar Urals, rheology, physics of the soils, permafrost-affected soils, soil organic matter.*

УДК 631.417.1:57.045

ОЦЕНКА ОТКЛИКА МИНЕРАЛИЗУЕМОГО ПУЛА ТОРФОВ И ТОРФЯНЫХ ПОЧВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ

А.С. Тулина[1], Е.А. Головацкая[2], Л.Н. Лученок[3]

[1] Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Россия, Пущино
[2] Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия, Томск
[3] РУП «Институт мелиорации», Республика Беларусь, Минск, atulina@yandex.ru

Аннотация. *Для оценки воздействия повышения температуры на 10°С в интервале 8–22°С и влажности на 10 вес. % в интервале увлажнения 10-110% от полной влагоемкости на изменение размера минерализуемого пула органического вещества верхового и низинного торфа неосушенных экосистем и ряда почв, сформированных на низинном торфе, вычислены температурные (Q_{10}) и влажностные (W_{10}) коэффициенты. Установлено, что размер минерализуемого пула низинного торфа и сформированных на нем почв зависел от температуры (Q_{10}=2.3±0.5) и увлажнения (W_{10}=1.5±0.4), тогда как размер минерализуемого пула верховых торфов зависел от температуры (Q_{10}=2.0±0.6) и не зависел от влажности (W_{10}=1.0±0.0).*
Ключевые слова: *верховой торф, низинный торф, торфяные почвы, температурный коэффициент Q_{10}, влажностный коэффициент W_{10}.*

Актуальность. Интерес мирового научного сообщества к скоростям круговорота углерода в торфяниках и торфяных почвах северного полушария, которые содержат до одной трети мирового запаса углерода почв, связан с возможностью значительной интенсификации высвобождения CO_2 в атмосферу вследствие ускорения минерализационных процессов при значительных климатических изменениях, прогнозируемых для северных широт [1–4]. В отличие от минеральных почв, где скорость оборачиваемости углерода зависит от содержания глины, соотношения лигнина и углеводов в органическом веществе, в торфах и торфяных почвах отсутствует или почти отсутствует минеральная матрица, а органическое вещество имеет принципиально иную химическую природу, а значит, и свойства.

Торф представляет собой сложную смесь частично разложившихся растительных остатков, микроорганизмов и продуктов микробного синтеза. Ботанической основой верховых торфов является болотный мох (*Sphagnum* sp.), а основой низинных торфов являются высшие растения, поэтому устойчивость верховых и низинных торфов к минерализации может существенно различаться.

На скорости потоков углерода в болотных экосистемах оказывают влияние множество факторов, важнейшими из которых считаются температура и влажность [5]. Современные изменения климата могут затронуть эти управляющие факторы. Повышение температуры и снижение уровня болотных (грунтовых) вод может приводить к ускорению минерализации значительных запасов органических соединений, содержащихся в торфах и торфяных почвах.

Температура определяет скорость микробных процессов, поэтому для прогнозирования воздействия глобального потепления на минерализацию пулов почвенного углерода в качестве ключевого фактора выступает температурный отклик [6]. Существуют значительные разногласия в оценке чувствительности углеродных субстратов, характеризующихся разной доступностью для микроорганизмов, к изменению температуры, что значительно затрудняет прогнозирование отдаленных последствий потепления климата [7]. Количественных оценок влияния влажности на размеры минерализуемых пулов углерода торфов и торфяных почв недостаточно.

Для количественной оценки влияния температуры и влажности на минерализуемый пул органического вещества ряда торфяно-болотных почв, сформированных на низинном торфе, низинного и верхового торфа неосушенных экосистем мы использовали температурный коэффициент Q_{10}, показывающий, во сколько раз изменяется размер пула потенциально-минерализуемого углерода, легко- и трудно минерализуемых фракций активного органиче-

ского вещества при повышении температуры на 10ºС, и влажностный коэффициент W_{10}, показывающий, во сколько раз изменяется размер перечисленных выше пулов углерода при увеличении влажности на 10 весовых %.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования послужили верховые торфа (геофизический стационар «Васюганье», Томская область, Российская Федерация) и низинный торф и ряд сформированных на нем осушенных почв (Белорусское Полесье, Брестская и Минская области, Республика Беларусь). Образцы верховых торфов, низинного торфа и торфяных почв были отобраны из 0-25 см слоя. Краткая характеристика объектов исследования приведена в табл. 1.

Таблица 1

Краткая характеристика объектов исследования

№	Объект	Место расположения	Место отбора	Уровень болотных (грунтовых) вод, м	$C_{орг}$, %
1	Верховой сфагновый торф	Тимирязевское болото, Томская обл., РФ	Под древесной растительностью (высокий рям)	0.1	43.1
2	то же	Бакчарское болото, Томская обл., РФ	Под древесной растительностью (низкий рям)	0.1	40.9
3	«»	То же	Открытая топь	На поверхности	43.3
4	Низинный осоково-тростниковый торф	Заповедник, Брестская обл., РБ	Под древесной растительностью (высокий рям)	0.1-0.4	35.1
5	Осушенная почва, сформированная на низинном осоково-тростниковом торфе	Агроценоз, Брестская обл., РБ	Под многолетними злаковыми травами	1.0	31.2
6	то же	Агроценоз, Минская обл., РБ	то же	1.0	28.6
7	«»	То же	Под кукурузой	0.8	22.2
8	«»	Агроценоз, Брестская обл., РБ	Под картофелем	0.8	13.5
9	«»	То же	Под озимой пшеницей	0.5-1.0	7.8

Примечание. Полная влагоемкость (ПВ) низинного торфа составила 133 вес. %, ПВ торфяных почв – 67–131 вес. %, ПВ верховых торфов – 1350–2100 вес. %.

Размер и структура минерализуемого пула торфов и торфяных почв оценены методом биокинетического фракционирования, разработанного в Институте физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Воздушно-сухие образцы торфов и торфяных почв помещали в стеклянные флаконы и добавляли воду до достижения увлажнения (W) 10, 60 и 110 от ПВ%. Образцы инкубировали в течение 150 суток при температуре (T) 8 и 22°С. Концентрацию CO_2 в газовых пробах определяли ежедневно в течение первой недели эксперимента, затем три, два и один раз в неделю на хроматографе Кристалл Люкс 4000М.

По кумулятивному количеству выделившегося за время инкубации диоксида углерода (С-CO_2) рассчитывали величину пула потенциально-минерализуемого углерода ($C_{пм}$), уравнение 1, углерода легко минерализуемой фракции (C_1) активного органического вещества со средним временем оборачиваемости 0-10 суток, и трудно минерализуемой (C_3) фракции со средним временем оборачиваемости 10-1000 суток, уравнение 2.

$$C_t = C_{пм} (1 - \exp(-k\, t)) , \quad (1)$$

$$C_t = C_1(1-\exp(-k_1\, t)) + C_3(1- \exp(-k_3\, t)) , \quad (2)$$

где C_t – кумулятивное количество выделившегося С–CO_2 за время t, мг С/кг почвы; $C_{пм}$ – потенциально-минерализуемый пул углерода, мг С/кг почвы; C_1 и C_3 – углерод легко- и трудно

минерализуемых фракций активного органического вещества, мг С/кг почвы; k, k_1 и k_3 – константы скоростей минерализации $C_{пм}$, C_1 и C_3, сут$^{-1}$.

Температурный (Q_{10}) и влажностный (W_{10}) коэффициенты вычисляли по уравнениям 3 и 4, соответственно:

$$Q_{10} = (C_{T2}/C_{T1})^{10/(T2-T1)} \quad (3),$$

$$W_{10} = (C_{W2}/C_{W1})^{10/(W2-W1)} \quad (4),$$

где C_{T1}, C_{T2}, C_{W2} и C_{W1} – содержание углерода в составе потенциально-минерализуемого пула и фракций C_1 и C_3 при меньшей и большей температуре (T_1 и T_2) и влажности (W_1 и W_2) соответственно; C_{T1+10} и C_{W1+10} – содержание углерода в составе потенциально-минерализуемого пула и фракций C_1 и C_3 при увеличении температуры на 10°С и весовой влажности на 10% [8]. Коэффициенты Q_{10} и W_{10} применимы для сравнительной оценки чувствительности минерализуемого пула ОВ разных объектов и могут быть востребованы для прогнозирования потенциальной минерализации ОВ почв и торфов при различных гидротермических условиях [9].

Обсуждение результатов. Установлено, что термочувствительность потенциально-минерализуемого пула верховых торфов, низинного торфа и сформированных на нем почв в изучаемом температурном диапазоне 8–22°С была примерно равной, а коэффициенты Q_{10} составили в среднем 2.2±0.7 (табл. 2). Размер $C_{пм}$ верхового торфа, отобранного на открытой топи, при повышении температуры увеличивался менее значительно, чем $C_{пм}$ верховых торфов высокого и низкого ряма. Термочувствительность $C_{пм}$ торфяных почв имела прямую зависимость от содержания в них $C_{орг}$ (r=0.837).

Таблица 2

Температурные коэффициенты (Q_{10}), показывающие, во сколько раз увеличивается содержание потенциально-минерализуемого углерода ($C_{пм}$) и углерода легко (C_1) и трудно (C_3) минерализуемых фракций в изучаемых торфах и торфяных почвах при повышении температуры на 10°С в температурном диапазоне 8-22°С при разном увлажнении, % от ПВ

№ образца	$C_{пм}$			C_1			C_3		
	10%	60%	110%	10%	60%	110%	10%	60%	110%
1	2.6	2.3	1.8	1.9	1.7	1.3	8.9	7.6	4.2
2	2.5	2.8	2.3	1.7	1.7	1.9	3.7	8.7	3.2
3	1.3	1.5	1.3	1.0	1.0	1.9	2.2	4.4	2.6
Среднее для верховых торфов	2.0±0.6			1.6±0.3			5.1±2.6		
4	2.3	2.6	2.6	7.2	3.5	1.2	3.9	9.9	6.8
Среднее для низинного торфа	2.5±0.2			4.0±3.0			6.8±3.0		
5	4.6	2.1	1.9	3.7	3.5	2.5	4.5	2.4	2.2
6	2.9	2.2	1.8	5.4	5.1	5.0	5.8	4.3	2.3
7	2.5	2.0	2.0	3.6	3.5	2.9	2.7	2.3	2.6
8	2.5	2.1	2.3	1.6	1.8	1.7	1.3	1.6	2.2
9	1.2	1.5	1.3	1.6	1.4	1.5	1.5	1.5	0.9
Среднее для торфяно-болотных почв	2.2±0.8			3.0±2.2			2.5±2.0		

Пул $C_{пм}$ верховых торфов был малочувствителен к увлажнению, на что указывают коэффициенты W_{10}, составившие в среднем 1.0±0.0 (таблица 3), что может быть связано с очень высокой поглотительной способностью верховых торфов, на порядок большей, чем у низинного торфа и сформированных на нем почв. Удалось выявить лишь небольшое абсолютное увеличение $C_{пм}$ при увеличении влажности в диапазоне 10-60% ПВ – в 1.5 раза, а в диапазоне 60-110% $C_{пм}$ не изменялся. Пул $C_{пм}$ низинного торфа и сформированных на нем почв в диапазонах увлажнения 10-60 и 60-110% ПВ увеличивался в 7.7±4.2 и 1.2±0.1 раза, а коэффициенты W_{10} составили 1.9±0.3 и 1.1±0.1, соответственно. Установленная высокая чувствительность минерализуемого пула низинного торфа и торфяных почв к увлажнению согласуется со значительным снижением эмиссии CO_2 с поверхности изучаемых объектов, отмеченным нами в полевых условиях при их иссушении во время летней засухи [10].

Таблица 3

Влажностные коэффициенты (W_{10}), показывающие, во сколько раз увеличивается содержание потенциально-минерализуемого углерода ($C_{пм}$) и углерода легко (C_1) и трудно (C_3) минерализуемых фракций в изучаемых торфах и торфяных почвах при повышении влажности на 10 вес. % в диапазоне увлажнения 10–110% от ПВ

№ образца	8ºС			22ºС		
	$C_{пм}$	C_1	C_3	$C_{пм}$	C_1	C_3
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Среднее для верховых торфов	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0
4	1.4	2.0	1.4	1.4	1.4	1.6
5	1.6	1.9	1.6	1.3	1.7	1.3
6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.3
7	1.3	1.8	1.2	1.2	1.4	1.2
8	1.5	1.7	1.2	1.4	1.7	1.4
9	1.5	3.7	1.7	1.5	1.6	1.3
Среднее для низинного торфа и сформированных на нем почв	1.5±0.2	2.1±0.8	1.5±0.2	1.4±0.1	1.5±0.2	1.4±0.1

К повышению температуры легко минерализуемая фракция изучаемых почв и торфов была менее чувствительна, чем трудно минерализуемая фракция. Это согласуется с результатами, полученными нами на минеральных почвах [8] и с кинетической теорией, согласно которой, энергия активации, необходимая для минерализации более устойчивых субстратов, выше, чем для менее устойчивых соединений, а, значит, что чем устойчивее пул углерода, тем выше его термочувствительность. Сельскохозяйственное использование торфяных почв приводило к уменьшению отклика фракции C_3 на изменение температуры, что может быть связано с необратимой деградацией трудно минерализуемой фракции торфяных почв, связанной с разрушением частиц торфа при механических обработках [11].

Легко- и трудно минерализуемые фракции верховых торфов не обнаружили отклика на изменение увлажнения. В низинном торфе и сформированных на нем почвах фракция C_1 была более чувствительна к повышению влажности по сравнению с фракцией C_3, что также согласуется с данными, полученными на минеральных почвах и объясняется увеличением пула растворенного, а значит легкодоступного микроорганизмам субстрата.

При потеплении климата следует ожидать интенсификации разложения соединений, входящих с состав трудно минерализуемой фракции минерализуемого пула верховых и низинных торфов и торфяных почв. Повышение испаряемости при потеплении и последующее иссушение низинного торфа и сформированных на нем почв может привести к многократному снижению эмиссии CO_2 с их поверхности.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что размер и структура минерализуемого пула верховых торфов контролируются температурой, а размер и структура минерализуемого пула низинного торфа и сформированных на нем почв – температурой и влажностью.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Исследование почвенных предшественников, источников и стоков парниковых газов в связи с климатическими изменениями», рег. № АААА-А18-118013190177-9.

Литература

1. Вомперский С.Э., Иванов А.И., Цыганова О.П., Валяева Н.А., Глухова Т.В., Дубинин А.И., Глухов А.И., Маркелова Л.Г. Заболоченные органогенные почвы и болота России и запас углерода в их торфах // Почвоведение. 1994. № 12. С. 17–25.

2. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П., Мелентьева Н.В. Запасы и содержание соединений углерода в болотных экосистемах России // Почвоведение. 1997. № 12. С. 1470–1477.

3. Gorham E. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming // Ecol. Appl. 1991. 1. P. 182–195.

4. Yu Z.C. Northern peatland carbon stocks and dynamics: a review // Biogeosciences. 2012. 9. P. 4071–4085.

5. Silvola J., Alm J., Ahlholm U., Nykänen H. and Martikainen P. CO_2 Fluxes from peat in boreal mires under varying temperature and moisture conditions // Journal of Ecology. 1996. 84. P. 219–228.

6. Jenkinson D.S., Adams D.E., Wild A. Model estimates of CO_2 emissions from soil in response to global warming // Nature. 1991. V. 351. P. 304–306.

7. Davidson E.A., Janssens I.A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change // Nature. 2006. V. 440. P. 165–173.

8. Тулина А.С., Семенов В.М. Оценка чувствительности минерализуемого пула почвенного органического вещества к изменению температуры и влажности // Почвоведение. 2015. № 8. С. 952–962.

9. Тулина А.С., Семенов В.М., Головацкая Е.А., Дюкарев Е.А. Сравнительная оценка минерализации органического вещества торфов при разных гидротермических условиях и эмиссии CO_2 с их поверхности. Материалы третьей международной научно-практической конференции «Проблемы изучения и использования торфяных ресурсов Сибири». Томск, Россия. С. 112–114.

10. Лученок Л.Н., Баран С.Г., Тулина А.С., Семенов В.М. Влияние способа сельскохозяйственного использования на ферментативную активность торфяных почв и эмиссию CO_2 // Мелиорация. 2013. № 2 (70). С. 55–65.

11. Тулина А.С., Семенов В.М., Цыбулька Н.Н., Шапшеева Т.П., Зайцев А.А., Арастович Т.В. Роль минерализации органического вещества дерново-подзолистых и торфяно-болотных почв в накоплении ^{137}Cs растениями // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1197–1207.

RESPONSE OF MINERALIZABLE POOL OF PEATS AND PEAT SOILS TO CHANGES IN TEMPERATURE AND MOISTURE

A.S. Tulina[1], E.A. Golovatskaya[2], L.N. Luchenok[3]

[1] Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, RAS, Russia, Pushchino
[2] Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, SB RAS, Russia, Tomsk
[3] RUE “Institute for Land Reclamation”, Belarus, Minsk, atulina@yandex.ru

Summary. *To evaluate influence of temperature increase by 10°C in temperature interval 8-22°C and moisture increase by 10 wt % in moistening interval 10-110% of water capacity on size of organic matter mineralizable pool of high-moor and valley peats of undrained ecosystems, and several soils formed on the valley peat, temperature (Q_{10}) and moisture (W_{10}) coefficients were calculated. It was established that size of mineralizable pool of valley peat and formed on it soils was depended on temperature (Q_{10}=2.3±0.5) and moisture (W_{10}=1.5±0.4), while size of mineralizable pool of high-moor peat was depended on temperature (Q_{10}=2.0±0.6) and was not depended on moisture (W_{10}=1.0±0.0).*

Keywords: *high-moor peat, valley peat, peat soils, temperature coefficient Q_{10}, moisture coefficient W_{10}*

УДК 631.436

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ПРЕДСАЛАИРЬЯ

Н.А. Шапорина, А.В. Чичулин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, shaporina49@mail.ru

Аннотация. *Представлены исследования, целью которых являлось изучение пространственной вариабельности плотности и влажности почв Предсалаирья. Показано: плотность в пределах пахотного горизонта варьирует от 0,9 до 1,31 г/см^3, при среднем показателе 1,04 г/см^3, коэффициент вариации 9,2%. Вниз по профилю происходит снижение коэффициента вариации с 7 до 2% по мере увеличения плотности с 1,18 до 1,42 г/см^3. Влажность варьирует более сложно в зависимости от погодных условий. Установлено, что на распределение изученных свойств в верхних горизонтах почвы оказывает влияние рельеф и микрорельеф участка. Изучены зависимости диэлектрической проницаемости от влажности и плотности почв и подобраны аппроксимирующие их математические модели.*

Ключевые слова: *вариабельность, плотность, влажность, дисперсия, коэффициент вариации.*

Внедрение информационных технологий во все сферы науки, в том числе и в почвоведение дает возможность строгого количественного описания свойств почв, их взаимосвязей с факторами почвообразования. Одним из фундаментальных характеристик почв является ее вариабельность, как в пространстве, так и во времени. Генерализованной оценки почв (по средним или смешанным образцам) нередко бывает недостаточно, поэтому в последнее время все большее внимание уделяется оценке пространственной вариабельности свойств почв [1]. Плотность и влажность почвы – одни из важнейших физических характеристик почвы, которые обуславливают водный и воздушный режимы, как прямо, так и косвенно влияя на почвенное плодородие. Их изменчивость в пространстве обусловлена комплексом факторов, в том числе, рельефом и антропогенным фактором. Результаты исследований могут быть реализованы при разработке современных агротехнологий, ориентированных на использование принципов ландшафтного и точного земледелия, а также при решении важных практических задач в области агрофизики, мелиорации, экологии [2]. Все это определило актуальность изучения изменчивости водно-физических свойств в данном регионе, где подобного рода исследований не проводилось.

Целью исследований явилось изучение и оценка пространственной изменчивости плотности и влажности серых лесных почв Предсалаирья с использованием экспериментального прибора определения влажности.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на Усть-Каменском стационаре Института почвоведения и агрохимии СО РАН, расположенном в лесостепной зоне, в пределах Буготакского мелкосопочника, являющегося частью Предсалаирской денудационно-аккумулятивной равнины. В качестве объекта исследований послужила темно-серая лесная почва, на долю которых в Предсалаирье приходится около 40% площади. По гранулометрическому составу – это средний суглинок иловато-крупнопылеватый, характеризуется удовлетворительной микро- и плохой макроструктуренностью. В метровом слое она способна удержать около 300 мм влаги. Пахотный горизонт мощностью 27 см содержит много живых корней растений и кротовин. В плане использования данный объект – пятнадцатилетняя залежь.

Были заложены две экспериментальные площадки: 5х5 м и 1х1 м. На площадке 5х5 м параметры (плотность и влажность) определялись только для пахотного горизонта, на площадке 1х1 м – по горизонтам до глубины 80 см. Для определения влажности параллельно с традиционными методами использовался экспериментальный прибор «Decagon» – ЕС-5, состоящий из регистраторов данных Ем50, датчиков ЕС-5 и программного обеспечения. В использовании прибора существует методическая проблема, требующая решения и состоящая в том, что разработчиками предусмотрена возможность исключительно стационарного использования датчиков – для изучения динамики влажности в заданной точке почвенного

профиля. Мобильный вариант применения датчиков ЕС-5, например – для изучения пространственной вариабельности почвенных свойств, разработчиками вообще не рассматривался. Вопрос этот, однако, является принципиальным и в более общей формулировке сводится, по существу, к выяснению возможности использования не только относительных, но и абсолютных значений показаний датчика для измерения влажности почв.

Плотность определялась буровым методом с использованием бура Качинского объемом 100 см^3. Всего в полевых условиях было произведено 250 определений плотности и влажности и 600 замеров показаний датчиков экспериментального прибора. Кроме того показания датчиков (более 1000) снимались в условиях лабораторного опыта с контролируемыми условиями по плотности и влажности. Данные по плотности и влажности в условиях сельскохозяйственного поля получены в 2016 году.

Результаты и обсуждения. Исследованиями установлено, что плотность пахотного горизонта в пределах экспериментальных площадок варьирует в достаточно широких пределах от 0,9 до 1,31 г/см^3, при среднем показателе 1,04 г/см^3. Интервал варьирования составляет 0,32 г/см^3, коэффициент вариации 9,2%. Результаты исследования пространственного распределения плотности на площадках 5х5 и 1х1 м представлены в виде топоизоплет (рис. 1 и 2), по которым установлен характер распределения плотности, выявлены участки концентрации значений, а так же сделаны предварительные выводы о причинах такого варьирования свойств в опыте. Обращает на себя внимание более плотная правая половина площадки 5х5 м, что, предположительно, антропогенного происхождения и связано с историей использования данной части поля.

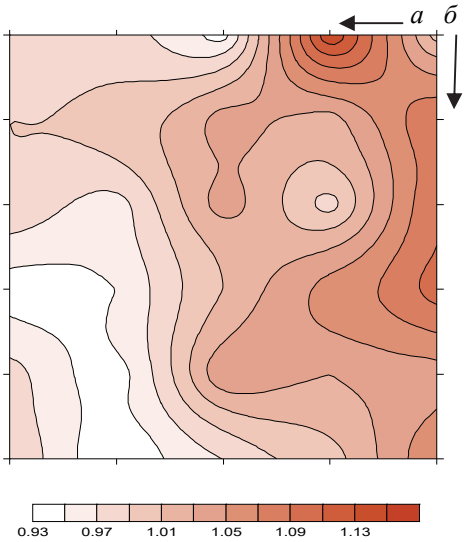


Рис.1. Топоизоплеты плотности слоя 5–15 см экспериментальной площадки 5х5 м;
→ – направление уклонов площадки, *а* – превышение 19 см; *б* – превышение 7 см
(Темно-серая лесная почва, июнь 2017 г.)

Сравнение выборок по горизонтам (площадка 1х1 м) показало: абсолютные значения плотности колеблются от 1,02 г/см^3 в пахотном горизонте до 1,5 г/см^3 в нижележащих горизонтах. Вниз по профилю происходит уменьшение дисперсии и снижение коэффициента вариации с 7 до 2% по мере увеличения средних с 1,18 до 1,42 г/см^3.). Среднестатистические показатели плотности слоя, лежащего под пахотным, оказались несколько ниже верхнего: 1,13 против 1,18 г/см^3 (рис. 2). Здесь сыграло свою роль наличие большого количества кротовин в данном слое.

Оценивая степень вариабельности плотности в наших исследованиях, сошлемся на выводы Е.А.Дмитриева [3], который утверждает, что при определении плотности почвы буриком объемом 100 см^3 коэффициенты вариации редко превышают 10%, а значение v = 1–3% представляет собой вполне обычную величину, которую низкой считать нет особых оснований.

Исходя из этого, вариабельность плотности экспериментальных площадок следует считать довольно высокой, при этом оптимальные значения плотности в пахотном горизонте (1–1,2 г/см^3) преобладают. Вариабельность влажности в опыте, особенно в пахотном горизонте, носило более сложный характер, поскольку зависело от погодных условий. Общий уровень увлажнения был достаточно высок и находился в пределах ВРК–НВ. Колебания средних показателей влажности составили от 24,5% до дождя до 33% после дождя (таблица).

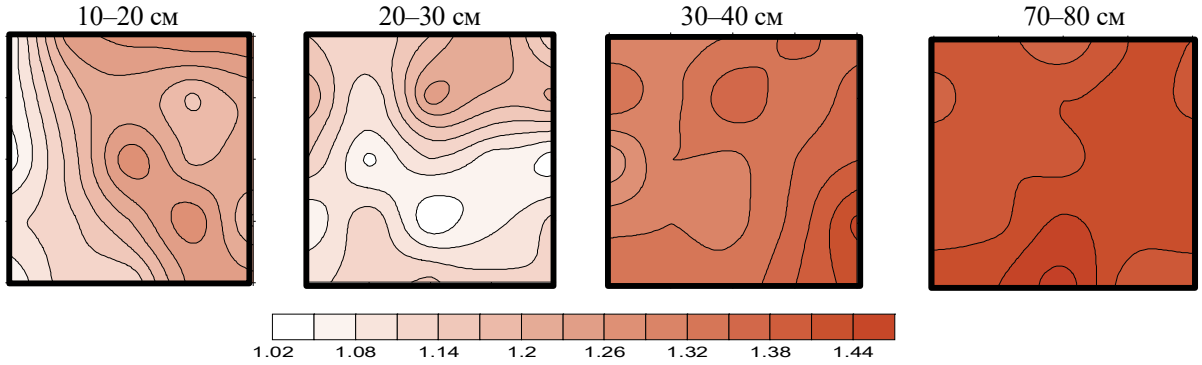


Рис. 2. Топоизоплеты плотности по слоям экспериментальной площадки 1×1 м
(Темно-серая лесная почва, июнь 2017 г.)

Статистические показатели увлажнения пахотного горизонта экспериментальной площадки 25 м^2 в зависимости от погодных условий

	До дождя	Сразу после дождя	Через сутки после дождя	В среднем по трем периодам
Средние	24,5* 19,3	33,2 25,4	28,2 24,6	**28,2** **23,1**
Мин.	19,5 14,4	29,0 15,4	23,0 13,9	**19,5** **13,9**
Макс.	27,5 24,2	36,7 32,2	31,7 37,6	**36,7** **37,6**
Интервал варьирования	8,0 9,8	7,7 16,8	8,7 13,7	**17,2** **23,7**
Дисперсия	3,03 5,2	3,13 26,2	4,75 31,9	**15,2** **28,1**
Коэфф.вариации,%	7,1 11,8	5,2 26,2	7,7 23,0	**13,8** **22,9**

* В числителе влажность определяемая термостатно-весовым методом, в знаменателе – по показаниям измерительного комплекса «Decagon».

Основными показателями, характеризующими степень однородности участков, считаются дисперсия и коэффициент вариации. Их можно использовать в качестве первого приближения для разделения участков на однородные и неоднородные в отношении того или иного свойства. В таблице представлены статистические показатели увлажнения – до дождя, сразу после дождя, через сутки после выпадения осадков и в среднем за три периода. До дождя коэффициент вариации составлял 7%. Сразу после дождя распределение влажности становится более выровненным и коэффициент вариации снижается до 5%. Далее в период без осадков он снова поднимается до 7,7%, что свидетельствует о неравномерности просыхания верхнего слоя почвы. Начиналось просыхание в первую очередь с верхней части площадки из-за уклонов поверхности, что подтверждает выводы о влиянии микрорельефа на изменчивость почвенных свойств, сделанные в ряде исследований. Так, в работе А.П.Сорокина [4] выявлены корреляционные зависимости между почвенными свойствами и рельефом. Корреляционный анализ показал хорошую зависимость для влажности слоя 0–10 см ($К_{кор}$ 0,54). Нами ранее также был проведен анализ зависимости увлажнения профиля от микрорельефа в Приобье на орошаемых черноземах. $К_{кор}$ составил 0,49. Таким образом, с учетом временного ко-

лебания показателей влажности, дисперсия в целом по участку составила 15,2, а коэффициент вариации – 13,8%.

Показания датчиков прибора варьировали в значительно более широких пределах, хотя общие тенденции, связанные с погодными условиями сохранились (см. табл. 1). Согласно технической документации, заводская градуировка приборов с высокой степенью точности может рассматриваться как «универсальная», т.е. зависящей только от влажности почвы. Однако, согласно экспериментальным исследованиям [5], диэлектрическая постоянная, которую и измеряют датчики прибора зависит не только от влагосодержания почвы но также и от ее плотности, температуры, структуры, что требует специального исследования, постановки лабораторных и полевых опытов.

В наших исследованиях в лабораторных и полевых опытах были изучены зависимости диэлектрической проницаемости от влажности и плотности и подобран ряд аппроксимирующих их математических моделей, что показало возможность использования датчиков в качестве мобильных щупов при изучении пространственной вариабельности влажности почв. Выбор конкретной модели (градуировки) датчика следует проводить в зависимости от решаемой задачи.

В относительно сухой период средние показания прибора составляли 19,3%, после дождя возросли до 25,4%. При этом, после дождя почти в два раза вырос интервал варьирования -– 16,8% против 9,8%, увеличилась дисперсия до 26,2% против 5,2%, а коэффициент вариации возрос до 26,2% против 11% до дождя. (см. табл. 1). Погоризонтная влажность по показаниям датчиков прибора различалась незначительно – средние показатели 30–39%. Однако интервал варьирования, в отличие от термостатно-весового метода, значительно выше – 15-16%. Также значительно выше дисперсия, которая закономерно уменьшается вниз по профилю от 13,7 до 7,8 и коэффициент вариации снижается по профилю от 12,3 до 7,1%.

Важным практическим выходом изучения вариабельности свойств является планирование объемов единичных выборок. Грамотно спланированным объемом можно считать такой, когда число повторностей достаточно для получения ответа с требуемой точностью и надежностью. Ставить задачу абсолютно точного планирования объемов выборок бессмысленно, но это совсем не значит, что планирование объемов вообще лишено какого-либо смысла, хотя бы потому, что объем выборки является одним из важнейших, а нередко единственным фактором, определяющим точность оценок и надежность выводов [3].

Используя расчеты, предложенные Е.А. Дмитриевым [3], нами было установлено, что объем выборки, способный обеспечить требуемую точность по плотности ($P_{0,05}$= 5%), составляет для данной экспериментальной площадки 16 образцов. По влажности площадка более выровнена: при том или ином характере погоды необходимый объем выборки составит от 7 до 12.

Обобщая литературные данные о варьировании почвенных свойств, Самсонова В. П. [6] показывает, что одни и те же свойства в зависимости от способа опробования могут иметь различные коэффициенты вариации, а распределения могут апроксимироваться разными статистическими законами. Варьирование будет также зависеть от площади опробования: при увеличении площади опробования коэффициент вариации возрастает [5, 7]. В нашем опыте коэффициент вариации плотности пахотного горизонта площадки 1х1 м составил 7%, а площадки 5х5 м – 9,2%. В 2016 году нами определялась плотность и влажность на части сельскохозяйственного поля, представляющего собой комплекс черноземов и серых лесных почв. Влажность определялась в динамике в течение вегетационного периода. Мы использовали эти данные для сравнения. Так, по плотности средние показатели в поле выше (1,19 г/см^3 против 1,04). Размах колебаний различается незначительно (0,38 и 0,43 г/см^3 соответственно), а коэффициент вариации выше, чем на площадке 5х5 м – 10,9% против 9,2%. Все показатели варьирования влажности также были выше в условиях части сельскохозяйственного поля. В относительно сухой период пространственная изменчивость в поле составляла 13,5% (площадка – 7,1%). При выпадении осадков показатели снижались, но различие по-прежнему оставалось (12,9 и 5,2% соответственно). С учетом временного фактора вариа-

бельность влажности в поле возросла до 29,4%, что почти в 2 раза выше, чем на площадке. Это объясняется тем, что временной диапазон в поле был значительно шире.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что пространственная вариабельность плотности темно-серой лесной почвы в пределах экспериментальных площадок достаточно высокая и колеблется от 7 до 9,2% в зависимости от площади опробования. Объемы выборки при таком уровне вариации должны составлять от 10 до 16 образцов. В условиях части сельскохозяйственного поля коэффициент вариации еще выше – 10,9%. Вариабельность влажности площадки сильно колебалась в зависимости от погодных условий от 8% в относительно сухой период до 4% сразу после выпадения осадков. При расширении временного диапазона наблюдений в условиях части сельскохозяйственного поля она увеличилась до 29,4%. Использование измерительного комплекса «Decagon» с датчиками влажности EC-5 показало реальную возможность мобильного использования данного прибора при изучении пространственной вариабельности. Для этих целей подобраны ряд математических моделей градуировки датчиков.

Литература

1. Салимгареева О.А. Пространственная вариабельность физических свойств и водного режима чернозема типичного: автореф. дис. … канд. биол. наук. М., 1995. 24 с.

2. Гончаров В.М. Агрофизическая характеристика почв в комплексном почвенном покрове: автореф. дис. … д-ра биол. наук. М., 2010. 44 с.

3. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1995. 320 с.

4. Сорокин А.П. Особенности пространственной вариабельности почвенных свойств в ландшафтах дельты Волги: автореф. дис. … канд. биол. наук. Астрахань, 2009.

5. Чудновский А.Ф., Тимофеев Ю.В., Шиндеров Б.Л. Аэро-дистанционно-приземное зондирование сельскохозяйственных полей. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 272 с.

6. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: На примере дерново-подзолистых почв. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 160 с.

7. Доспехов Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. М.: Колос, 1972. 207 с.

VARIABILITY OF WATER-PHYSICAL SOIL PROPERTIES PEDALEIRA

N.A. Shaporina, A.V. Chichulin

Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, shaporina49@mail.ru

Abstract. *The presented research aimed to study the spatial variability of density and soil moisture Pedaleira. It is shown that the density within the arable horizon varies from 0.9 to 1.31 g/cm^3, with an average of 1.04 g/cm^3, the coefficient of variation of 9.2%. Down the profile, the coefficient of variation decreases from 7 to 2% as the density increases from 1.18 to 1.42 g/cm^3. Humidity varies more difficult depending on weather conditions. It was found that the distribution of the studied properties in the upper soil horizons is influenced by the relief and microrelief of the site. We have investigated the dependence of the dielectric constant on moisture and density of soils and are chosen approximating mathematical models.*

Keywords: *variability, density, humidity, dispersion, coefficient of variation.*

СЕКЦИЯ 5.
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ
И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ
В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ

УДК 631.48

МИКРОБИОМ ПОЧВ КАРЬЕРНО-ОТВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЯМАЛА

Е.В. Абакумов[1], Е.А. Першина[1, 2], Е.А. Иванова[1–3], Е.Е. Андронов[1, 2]

[1] ФГБОУ Санкт-Петербургский государственный университет
[2] ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии
[3] ФГБНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева

Аннотация. *Проведено изучение почвообразования и микробиомов в почвах карьерно-отвальных комплексов п-ова Ямал. Для фоновых почв характерно повышение численности микроорганизмов в горизонтах, обогащенных органическим веществом, в том числе надмерзлотных. Техногенные почвы характеризуются индексами альфа- и бетаразнообразия, отличными от фоновых почв. В особенности это характерно для почв рекультивированных карьеров.*
Ключевые слова: *почвы Ямала, карьеры, микробиом, NGS-секвенирование.*

Введение. Восстановление почв на Севере изучено слабо, фрагментарно, что связано как с логистическими, так и с методическими проблемами. Наиболее развиты исследования рекультивации почв и земель в респ. Коми и респ. Якутия. П-ов Ямал в этом смысле, за исключением единичных геоботанических исследований, долгое время оставался «белым пятном». В связи с этим, в 2017 г были предприняты исследования восстановления почв на разнообразных карьерно-отвальных комплексах центральной части Ямальского региона. Особое внимание было уделено составлению микробиомного портрета почв с помощью современных методов высокопроизводительного секвенирования.

Материалы и методы. В качестве объектов были использованы почвы (литоземы), сформированные:

1) на поверхности отвалов рудника по добыче хромовых руд в пос. Харп, г. Черная (песчано-гравийные отложения),
2) на отвалах карьеров по добыче строительных материалов в лесотундровой (р-н г. Черная) и тундровой зоне (отвалы глинистого, песачного и каменистого состава).

В качестве контроля выступала криогенная глеевая почва в районе пос. Аксарка.

Пробы мелкозема были проанализированы с использованием классических агрохимических, почвенно-физических и микробиологических (содержание углерода микробной биомассы, базальное и субстрат-индуцированное дыхание, метаболический коэффициент и пр.) методов.

Образцы для микробиологических исследований после доставки в лабораторию были заморожены ихранились при -70^{o}C. Выделение ДНК производили согласно специально разработанной методики (Андронов с соавт., 2011) с использованием в качестве абразивного материала стеклянных шариков различного диаметра. Разрушение почвенного образца производили на гомогенизаторе Precellys 24 (Bertin Technologies, Франция). Чистоту выделения и количество выделенной ДНК проверяли с помощью электрофореза в 1%-ном агарозе в ×0.5 TAE буфере. Средняя концентрация ДНК в пробе составляла 50 нг/мл.

Очищенные препараты ДНК были использованы для создания ампликонных библиотек согласно инструкции к протоколу секвенирования, поставляемой фирмой ILLUMINA. Для амплификации фрагмента гена 16S рРНК использовали универсальные праймеры к его вариабельному участку V4: F515 (GTGCCAGCMGCCGCGGTAA) и R806 (GGACTACVSGGGTATCTAAT) (Bates et al. 2010). Секвенирование и первичную обработку данных осуществляли на приборе ILLUMINA MiSeq.

Обработку секвенированных последовательностей гена 16S рРНК производили с использованием пакетов ПО «Trimmomatic» (Bolger et al., 2014) и «QIIME» (Caporaso et al. 2010).Для оценки биоразнообразия и проведения сравнительного анализа сообществ рассчитывали параметры α- и β-разнообразия. α-разнообразие оценивали с использованием индек-

сов видового богатства (число OTU в образце, индекс ChaoI, показатель филогенетического разнообразия Фейта) и индекса Шеннона. Достоверность различий по индексам α-разнообразия среди микробиомов оценивали с использованием t-теста.

Результаты и обсуждение. В случае полярных почв тундровой зоны развитие профилей происходит крайне медленно, что связано со спецификой почвообразовательного потенциала среды. Установлено, что начальное почвообразование осуществляется по первичному типу (литоземы, петроземы, пелоземы). Основными почвами, формирующимися на карьерах и рудниках, являютсялитоземы и петроземы, которые отличаются от зональных почв большей степенью аэрации и водопроницаемостью. В связи с этим, на отвалах поселяется таежная травянистая растительность, а в почвах формируется выраженный серогумусовый горизонт. Почвы характеризуются нейтральной или слабокислой реакцией среды, очень низким содержанием гумуса и азота, повышенными величинами метаболического коэффициента, что свидетельствует о несформированности комплекса олиготрофных микроорганизмов.

Фоновые почвы региона сильно отличаются от техногенно-нарушенных и посттехногенных. За счет прохождения циклов криогенеза основная масса органического вещества накапливается не только в поверхностном (0-2 см), но и надмерзлотном (30-80) слоях почвенного профиля. С таким распределением органического вещества коррелируют значения численности основных групп микроорагнизмов (бактерии, грибы, археи), а также показатели альфаразнообразия. Для тундровой зоны в целом характерны бедные органическим веществом, переувлажненные и плохо-аэрируемые почвы. С этим связана относительно низкая численность микробного сообщества (наиболее густонаселенные почвенные образцы в данном случае сопоставимы с горизонтами С и на 3 порядка уступают гумусовым горизонтам Северо-Западного региона РФ в численности бактерий).

В то же время разработка месторождений приводит к формированию более аэрируемых и рыхлых почв. Это находит отражение не только в смене растительности (для техноземов севера характерно зарастание растительностью, преобладающей в более южных регионах), но и в увеличении численности почвенных микроорганизмов и изменении структуры микробиома в целом.

Выраженное влияние на численность микроорганизмов в почвах тундровой зоны оказывают рекультивационные мероприятия (внесение плодородного слоя почвы, высадка растений), повышающие общий уровень органического вещества. В частности, в образце рекультивированной почвы в р-не пос. Аксарка наблюдалось повышение численности бактерий в 1,8, грибов в 1,2 и архей в 24 раза по сравнению с фоновой почвой. Однако рекультивированный технозем, по сравнению с самозарастающими техноземами и фоновой почвой, имел более низкие показатели альфаразнообразия (в том числе индекса филогенетического разнообразия Фейта и индекса Шеннона), что свидетельствует о формировании в данном случае переходного типа сообщества с высокой долей копиотрофных групп микроорганизмов.

Все закономерности, описанные при анализе альфаразнообразия и численности микробиомов находят отражение и в законмерностях формирования бетаразнообразия. В частности, для образцов приполярных почв наблюдается обособление кластеров по сайтам отбора проб – техногенные почвы обособляются от фоновых и также по горизонтам – между собой сильно различаются горизонты фоновых почв. В микробиоме техноземов доминируют бактерии из фил *Acidobacteria* (сем. *Koribacteraceae*, пор. RB41), *Actinobacteria* (сем-ва *Intrasporangiaceae*, *Gaiellaceae*), *Chloroflexi* (кл. Ellin6529), *Gemmatimonadetes* (пор. N1423WL) и *Verrucomicrobia* (сем. *Chthoniobacteriaceae*). Микробиом рекультивируемой почвы (пос. Аксарка) сильно обособлен от других кластеров, а при рассмотрении его таксономического состава обнаруживаются ярко выраженные доминирующие группы бактерий, на долю которых приходится более 50% всех OTE – ацидобактерии из сем. *Koribacteraceae*, ацидобактерии из пор. Ellin6513, протеобактерии из сем. *Syntrophobacteraceae* и бактерии сем. *Thermogemmatisporaceae* (фила *Chloroflexi*). Вероятно, в данном случае в качестве копиотрофов выступают ацидобактерии – доминирующая и разнообразная в метаболическом отношении группа бактерий, биологические свойства которой пока малоизучены. Из литера-

турных данных известно, что ацидобактерии являются «экологическими» аналогами протеобактерий и преобладают в почвах с низкими значениями pH.

Выводы. Получены оригинальные данные о составе микробиома природных и техногенных почв центральной части Ямальского региона. Для фоновых почв характерно повышение численности микроорганизмов в горизонтах, обогащенных органическим веществом, в том числе надмерзлотных. Техногенные почвы характеризуются индексами альфа- и бетаразнообразия, отличными от фоновых почв. В особенности это характерно для почв рекультивированных карьеров. Можно сделать вывод о том, что местный ресурс регенерации микробного сообщества в посттехногенных сменах задействован минимально.

Работа выполнена при поддержке РНФ, грант № 17-16-01030.

Литература

1. Андронов Е.Е., Пинаев А.Г., Першина Е.В., Чижевская Е.П. Научнометодические рекомендации по выделению высокоочищенных препаратов ДНК из объектов окружающей среды / ред. А.А. Белимов. СПб., 2011. 23 с.

2. Bolger A.M., Lohse M., Usadel B. Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data // Bioinformatics. 2014. V. 30, is. 15. P. 2114–2120. doi: 10.1093/bioinformatics/btu170.

3. Caporaso JG, Bittinger K, Bushman FD et al. 2010. PyNAST: a flexible tool for aligning sequences to a template alignment. Bioinformatics. 26(2): 266-267.

SOIL MICROBIOME OF QUARRY-MINING COMPLEXEX OF YAMAL REGION

E.V. Abakumov[1], E.A. Pershina[1, 2], E.A. Ivanova[1–3], E.E. Andronov[1, 2]

[1] Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg
[2] All-Russia Institute of Agricultural Microbiology, Saint-Petersburg
[3] Soil Science Institute of Dokuchaev, Moscow

Summary. *Soil formation and microbiome formation have been studied on examples of quarry-mining complexes of the Yamal peninsula. The mature soils characterizes by increased number of microorganisms in those horizons which are enriched by organic matter, even in case of suprapermafrost layers. Thecnogenic soils characterized different indexes of α and β diversity that mature ones. This was most pronounced in soils of reclaimed quarries.*
Keywords: *soils of Yamal, microbiome, NGS-sequencing.*

УДК 631.618

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ И НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННЫХ ЗЕМЕЛЬ АБШЕРОНА

Н.Ф. Акимова

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, Азербайджан, Баку, nergizhakimova_123@mail.ru

Аннотация. *Исследование современного состояния почв, подвергшихся рекультивации, проводились на территории НГДУ «Биби-Эйбат» Абшеронского полуострова. Проведение инвентаризации и различных экологических, биологических методов рекультивации песчано-супесчаных серобурых почв Абшеронского полуострова повысит их плодородие, может сделать почвы пригодными для сельского хозяйства.*

Ключевые слова: *нефтезагрязнение, рекультивация, физико-химические показатели, степень загрязнения, гранулометрический состав, плодородие.*

Актуальность. При взаимодействии человека с окружающей средой возникает ряд проблем, в том числе и социального характера, так как ухудшение природной среды оказывает негативное влияния на здоровье людей, их трудоспособность, повседневную жизнь. Ярким примером тому является деятельность человека в нефтедобывающей промышленности, которая по пагубному воздействию на основные элементы экологии занимает главенствующее место среди отраслей современного производства. Такое воздействие обусловлено токсичностью самой сырой нефти, нефтепродуктов и отходов нефтеперерабатывающих заводов, которые загрязняют плодородный слой почв, имеющих легкий механический состав до трех метров. В результате нарушается почвенно-растительный покров, ухудшаются водно-физические и биологические свойства и, как следствие, почва выходит из хозяйственного оборота. Основными задачами человечества в охране почв являются сохранение целостности почвенного покрова, поддержание плодородия почв для обеспечения населения продуктами питания.

С ростом темпов индустриализации увеличивается степень воздействия промышленности на природные комплексы. Отходами промышленности загрязняются атмосфера, вода и почвы; засыпаются отвалами десятки и сотни тысяч гектаров плодородных земель, значительным изменениям подвергается растительный покров. Особенно большую опасность для экологии представляет добыча полезных ископаемых, нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленности. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами является настоящей экологической катастрофой экосистемы: меняются соотношения между отдельными группами микроорганизмов, изменяется направление метаболизма, подавляются жизненноважные процессы дыхания и самоочищения. Отравленная нефтью почва практически не способна самостоятельно очиститься от нефтяного загрязнения – естественное разложение нефти и нефтепродуктов в обычных условиях происходит крайне медленно, так как повышенные концентрации углеводородов (УВ) подавляют всякуюсамоочищающуюактивность почвы. В экосистеме накапливаются трудноокисляемые продукты, серьезно препятствующие самоочищению и самовосстановлению [1–3].

Объект и методика исследований. Исследования проводились на территории НГДУ Биби-Эйбате на участке, вышедшем из-под моря, сильно загрязненном, рельеф которого представляет собой плоскую равнинную территорию. Этот участок с засоленными, солонцеватыми почвами с легком гранулометрическим составом и слабо обеспеченными питательными веществами, использовался при нефтедобыче. Исследования проводились согласно общепринятой методике. В этих условиях при рекультивации почв необходимо проводить изучение их физико-химических, агрофизических, биологических свойств. После чего, эти почвы приобретают благоприятные физико-химические свойства: легкий гранулометрический состав и высокий микро агрегатный состав, что способствует вовлечению их в сельскохозяйственное производство. Эти полезащитные и лесозащитные полосы в незначительной степени

долгое время способствуют сохранению структуры верхнего гумусового горизонта, агрономически ценных агрегатов, резко улучшают структур почв увеличивают коэффициент оструктуривания на 3,7–4,3 раза и также величину агрономически ценных водопрочных агрегатов на 8–12%.

В метровом слое с глубиной в основном изменяется отношение продуктивной влаги к активной влаге, однако величина немного взвешенной влаги увеличивается. В результате проведенных исследований установлено, что в типичных черноземных и лугово черноземных почвах в гранулометрическом и микро агрегатном составе существенных изменений не происходит. В почвах, находящиеся длительное время под влиянием лесополосы не отмечается улучшение основных физических свойств [4].

Результаты и обсуждение. Необходимо отметить, что раньше нефтяные скважины использовали грубым естественным методом. На этой территории глубина загрязнения составляет 10-15 см, а на некоторых участках доходит до 70–120 см. Многими годами проливающаяся нефть засыхала. На микро понижениях на поверхности нефти собиралась вода, а тяжелые фракции нефти проникали вглубь почвы, а одна их часть испарялась. Во многих местах она смешивалась с водой. На открытых участках с востока к западу к судоремонтному заводу, (на территории, где дождевые воды расположены близко к поверхности) глубина залегания грунтовых вод высокая. Попадающая на почву нефть, оказывая отрицательное влияние на морфологию почвы, физические, водно-физические, физико-химические, биологические свойства, нарушает, почвенную структуру служит причиной гибели ферментов почвенных микроорганизмов и бактерий. Находящихся на балансе АГНК. НГДУ Биби-Эйбате представляет собой участок в 526га, после проведения рекультивации территории здесь была посажена зеленая зоны. На территории после проведения рекультивации были посажены различные саженцы деревьев на каждый гектар 1200 саженцев (сведениям SOCAR).

Согласно, исследованиям мировых ученых для восстановления нефтезагрязненных почв широко используются механические, химические и биологические методы. На Апшеронском полуострове целесообразно проводить рекультивацию нефтезагрязненных земель следующими методами инженерно-техническими, агромелиоративными, термическими, биологическими и химическими.

Биологический метод рекультивации используют на слабозагрязненных песчаных почвах при 1,5-2,0% загрязнения или на суглинистых почвах. Биологическая рекультивация делится на 2 части: фито мелиорация и биоремедация. На этапе фито мелиорации, чтобы расчленить остатки нефти на почве используют активизирующие деятельность микроорганизмов растения, то есть высаживают на рекультивируемых землях ползущий клевер (ползущая люцерна), щавель, рис и другие растения. Биоремидация – это высевают на пахотном слое разлагающие бактерии, иногда удобряют, этот процесс продолжается 2–3 сезона.

В настоящее время в России, на Украине и в Казахстане наряду с использованием открытого и закрытого способов производства строительных материалов, добычи полезных ископаемых, для восстановления нарушенного нефтяной промышленностью ландшафта и почвы выделяются большие денежные средства на рекультивацию земель.

Ученые американского штата Аляска для рекультивации слабозагрязненных нефтью почв при проведении вспашки рекомендуют вносить различные дозы минеральных и органических удобрений. На участках, где применяли такой метод зерновые культуры погибали в первые два года, а на третий год появились всходы [5].

Научные исследования проводились на рекультивируемых участках НГДУ Биби-Эйбата, принадлежащих (находящихся на балансе SOCAR). На этой территории для определения морфогенетического профиля почв и некоторых показателей физико-химического состава, были заложены почвенные разрезы. Территория, где были заложены разрезы составляет 3,2га. Мы даем морфогенетическое описание разрезов. Разрез 1 расположен в восточной части опытного участка, на территории занятой нефтяными скважинными справа от проверочно-пропускного пункта, по дороге, ведущей к заводу на плоском рельефе. Растительный покров посаженные изреженно полынь, эфемеры, верблюжья колючка, сосна, маслина.

Разрез 1. 20см горизонт светло-серый, гранулометрический состав легко суглинистый, безструктурный, уплотненный, корни, корешки, переход постепенный, сухой, сильно вскипает.

20–38 см – горизонт легко суглинистый, безструктурный цвет светло-желтоватый, плотноватый, слабые глазки, увлажненный, переход ясный сильно вскипает.

38–75 см горизонт-песчаный темно желтоватый, без структурный, уплотненный, гладкий, изредка попадаются ракушки, переход постепенный средне вскипает.

75–120 см горизонт аналогичен верхнему кгоризонту 38–75 см.

Разрез 2. Гранулометрический состав суглинистый, цвет серо-бурый, без структурный, мелкозернистый, уплотненный, корешки, сухой, очень мелкие камушки, переход постепенный, сильно вскипает (10% HCl).

30-64см – горизонт суглинистый светло серо-бурый, безструктурный, и плотноватый, слабые корешки, камни, ракушки, изрежённые очень слабые корешки, слабо увлажненный, переход постепенный, сильно вскипает.

64-95см – горизонт легко суглинистый светло серо-бурый, без структурный, увлажненный, переход постепенный, сильно вскипает.

95-125см – легкосуглинистый светло серый, без структурный, мягкий влажный, переход постепенный, слабо вскипает.

Во многих странах, в том числи в Азербайджане, в скором времени будет определен ПДК для диких культурных растений и в зависимости от их использования в сельском хозяйстве.

Также необходимо отметить, что на Абшеронском полуострове на серо-бурых и суглинистых почвах в условия проведения опыта при закладке опытов в зависимости от гранулометрического состава почв для всех растений для их продуктивности полностью должен быть определена ПДК.

С научно-практической точки зрения в сырой нефти величина ПДК должна быть определена по многим факторам типа – грунта и почвы, его состава, количеству, питательных веществ (NPK), климатические условия, состав нефти, растений, а также зависимости от рельефа.

На территории НГДУ Биби-Эйбата в разрезе 1 величина гранулометрического состава загрязненной почвы по содержанию физической глины колеблется в пределах 8,20–12,60%. Анализ показал на супесчанность этих почв (<0,01). В разрезе 2 гранулометрический состав верхнего 0–30 см горизонта 26,72% это суглинистый горизонт. Однако вниз по профилю почвы, гранулометрический состав супесчанный (песчанистый) или песок. На участке, где проводили рекультивацию для определения количества органического вещества, были отобраны почвенные образцы и определено количество гумуса.

Это слабо обеспеченные гумусом почвы. Величина гумуса в верхнем горизонте почвы составляет 1,21–1,16%, а вниз по профилю почвы в 20–30-см слое почвы 0,82–0,60%.

На суглинистых почвах величина плотного остатка колеблется в пределах 1,100–1,560%, на супесчанных почвах в верхнем 20 см почвы, она равна 2,623% вниз по профилю почвы, она, уменьшаясь, составила 1,168%. Тип засоления сульфата хлоридно-кальциевый. По сравнению с предыдущими годами, здесь в почве возросла величина солей.

Выводы.

1. Представлено морфогенетическое описание почв заложенных на территории НГДУ Биби-Эйбата.

2. Во взятых почвенных образцах определена величина физической глины и гумуса. Величина физической глины (<0,01) колебалась в пределах 8,20–12,60%, а гумуса в верхнем горизонте 1,21–1,16%, уменьшаясь с глубиной до 0,82–0,60%.

Литература

1.Ахмедов В. А., Кахраманова Т. Б. Загрязнение почвы нефтью, их экология, методы рекультивации // Материалы научной конференции. М.: МГУ, 2004. С. 295–297.

2. Исмаилов Н.М., Пиковский Ю.И. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем М.: Наука, 1988. С. 222–230.

3. Нейтрализация загрязненных почв. Монография. Рязань, 2008. С. 149–153.
4. Королев В.А., Громовик А.И., Ионко О.А. Изменение физических свойств почв Каменной степи под влиянием полезащитных лесных полос // Почвоведение. 2012. № 3. С. 299–308.
5. http: // ecoguild.narod.ru.

THE ECOLOGICAL CHARACTIRISTICS OF THE TECHNOGENICALY VIOLATED AND OIL POLLUTED SOILS OF ABSHERON.

N.F. Hakimova

İnstitute of Soil Science and Agrochemistry ANASBaku, nergizhakimova_123@mail.ru

Summary. *A serious ecological tension is created as a result of soils pollution with the oil-wastes, rising of the subsoil water level, loss of productive staratum good for agriculture. From this point of viem the article is dedicated to the physico-chemical and ecological problems of the recultivated soils in Bibi-Heybat.*
Keywords: *oil pollution, recultivation, physical-chemical parameters, pollution degree, granulometric composition.*

УДК 631.618

РАЗВИТЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В СИБИРИ

В.А. Андроханов, В.С. Артамонова

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, androhan@rambler.ru

Аннотация. *С момента образования ИПА СО РАН в лаборатории рекультивации почв проводятся разноплановые научные исследования на техногенных ландшафтах. Проведенные многолетние, обширные по протяженности почвенно-экологические исследования на нарушенных территориях позволили разработать профильно-генетичекую классификацию почв техногенных ландшафтов и сформулировать теоретические основы рекультивации почв. Выполненные исследования показали, что в условиях Сибири основными лимитирующими факторами являются низкая водоудерживающая способность грунтов, обусловленная высокой плотностью и низким содержанием фракций физической глины в субстрате отвалов и сформированный рельеф после отработки месторождения. Поэтому без целенаправленного формирования рельефа и физических свойств на поверхности техногенно нарушенных территорий трудно рассчитывать на высокую эффективность рекультивации. Для повышения эффективности рекультивации необходимо разрабатывать и применять целый комплекс рекультивационных мероприятий, главное назначение которого должно быть создание условий для максимально возможного ускорения процессов почвообразования.*

Ключевые слова: *рекультивация, ИПА СО РАН, техногенные ландшафты, почвообразование, Сибирь.*

Бурное развитие промышленного производства в 50-х годах прошлого столетия привело к резкому увеличению техногенного воздействия на природные экосистемы в Сибири. Несмотря на огромные сибирские пространства, происходила концентрация промышленных предприятий, которые занимались добычей полезных ископаемых в отдельных регионах. На начальных этапах добыча полезных ископаемых проводилась на незначительных площадях и средства производства не позволяли резко увеличить объемы разработки месторождений. В последующие годы, когда были проведены обширные геологоразведочные работы и стало понятно какие огромные богатства хранятся в недрах Сибири интенсивность разработки месторождений резко возросла. Все это привело к возникновению обширных площадей нарушенных территорий и, по мере совершенствования производительных сил, площади и степень нарушения природных ландшафтов постоянно возрастают.

Разрушение природных ландшафтов приводит к возникновению техногенных ландшафтов, которые являются очагами активного загрязнения почв, атмосферы и вод. Негативное влияние их на окружающие природные экосистемы заставило исследователей вплотную заняться проблемой рекультивации нарушенных земель. В промышленно развитых странах с середины 50-х годов начинают проводить практические рекультивационные мероприятия по восстановлению нарушенных земель в основном сельскохозяйственного и лесохозяйственного направления [1-3]. В СССР также в этот период времени формируется несколько научных коллективов Донецк, Москва, Свердловск, занимающихся проблемами рекультивации нарушенных земель.

В 1968 году при создании ИПА СО РАН, в ее составе была образована лаборатория рекультивации почв. С этого момента одной из главной задач исследований становится составление общей, обзорной, картины распространения техногенных ландшафтов на территории Сибири и некоторых прилегающих территориях, а также изучение специфики функционирования и восстановления нарушенных почв. С этой целью сотрудниками проведены многолетние, значительные по протяженности и охвату территории маршрутные обследования. В результате этих работ была разработана система экологических критериев, позволяющих осуществлять районирование территорий по характеру техногенных воздействий на природные компоненты и оценке их устойчивости к нарушению природного равновесия, что дает

возможность определять целесообразность и направленность рекультивационных работ. Исследовательские работы в различных природно-климатических зонах и на разнообразных техногенно нарушенных территориях позволили сотрудникам лаборатории, опираясь на большой фактический материал, разработать классификацию техногенных ландшафтов по видам нарушений и по пригодности основных пород, выносимых на поверхность при разработке различных месторождений полезных ископаемых [4, 5].

С середины 70-х годов в лаборатории рекультивации почв ИПА СО РАН развернулись работы по исследованию специфики почвообразования в техногенных ландшафтах. В этот период научно обосновывается необходимость системного подхода к изучению круговорота веществ в экосистемах, формирующихся в посттехногенную фазу формирования техногенного ландшафта. Рассматриваются сингенетические сукцессии основных компонентов биоты при восстановлении техногенных экосистем, их влияние на формирование биогеоценотической пестроты почвенного покрова, а также строение, вещественный состав, свойства формирующихся почв [6–10].

В результате проведенных исследований были получены оригинальные материалы, характеризующие специфику экогенеза и почвообразования на нарушенных территориях, которые позволили сформулировать основные положения принципиально новой профильно-генетической классификации почв техногенных ландшафтов [11, 12]. При разработке данной классификации исходили из того, что поскольку техногенный ландшафт чаще всего представляет собой экоклин, внедренный в систему естественных ландшафтов, тем не менее, в посттехногенную фазу развития естественные процессы начинают преобладать над антропогенными. Поэтому почвы, формирующиеся в техногенных ландшафтах, необходимо признать естественно историческими образованиями и, следовательно, подходить к их классификации необходимо с позиций классического генетического почвоведения. Формулирование принципов данной классификации стало переломным моментом в понимании функционирования и путей эволюции техногенных ландшафтов, а также в самом понимании процесса рекультивации.

В самом начале развития рекультивационных работ в Сибири стремились, в первую очередь, восстановить растительность, т.е. озеленить нарушенные территории. По мере выполнения научно-исследовательских работ на техногенных ландшафтах и развития практических работ по рекультивации, появилось понимание рекультивации уже не только как озеленение территории, но и как восстановление всего комплекса нарушенных компонентов экосистем. Таким образом, рекультивация нарушенных земель становится комплексной, междисциплинарной научной проблемой.

В лаборатории рекультивации почв ИПА СО РАН в начале проведения исследований под рекультивацией нарушенных земель понимались мероприятия, направленные на ускоренное формирование естественного биогеоценоза или агроценоза [13]. В последующие годы было установлено, что без существенного улучшения эдафических условий в техногенных ландшафтах невозможно ускорить восстановление всех компонентов экосистемы. Таким образом, только формирование в процессе рекультивации благоприятного, способного поддерживать развитие процессов почвообразования, корнеобитаемого слоя может гарантировать относительно устойчивое восстановление разрушенных экосистем.

В начале двухтысячных годов сотрудниками лаборатории продолжались почвенно-экологические исследования в различных регионах на техногенно нарушенных землях. Внедрение в практику исследований профильно-генетической классификация почв техногенных ландшафтов позволило сформулировать основные теоретические положения теории прогнозирования экологического состояния техногенных ландшафтов на длительный срок. Применение почвенно-генетического подхода для оценки уровня восстановления почв и эффективности рекультивационных работ позволяет объективно характеризовать и оценивать почвенно-экологическое состояние нарушенных территорий и перспективы их дальнейшего функционирования. Также использование основных почвенных показателей (содержание гумуса, гранулометрический состав, плотность) при обосновании рекультивационных мероприятий,

позволяет уже на стадии проектирования задавать уровень почвенно-экологической эффективности на рекультивированных участках. Поэтому в эти годы в лаборатории рекультивации почв ИПА СО РАН, сформулировано новое определение рекультивации почв. Рекультивация нарушенных земель – есть набор технологических приемов, позволяющий создавать на месте нарушенных земель участки территории (местообитания, ландшафты, поля рекультивации) с заданными в виде технического задания в рабочем проекте рекультивации параметрами хозяйственной и/или почвенно-экологической эффективности [14]. Таким образом, подчеркивается обязательная необходимость проведения рекультивации по разработанному проекту с оценкой почвенно-экологической успешности проведения рекультивационных мероприятий.

В настоящее время в лаборатории рекультивации активно проводятся исследования по выявлению лимитирующих факторов, на различных техногенно нарушенных территориях, а также изучение способов рационального использования различных видов природных ресурсов для повышения эффективности рекультивации. Многолетние исследования показали индивидуальную специфику различных видов техногенных ландшафтов, сформированных в результате различных нарушений и расположенных в разных природно-климатических условиях [15, 16]. Были выявлены основные факторы, лимитирующие восстановление нарушенных земель. В условиях Сибири основными лимитирующими факторами являются низкая водоудерживающая способность грунтов, обусловленная высокой плотностью и низким содержанием фракций физической глины в субстрате отвалов и сформированный рельеф после отработки месторождения. Поэтому без целенаправленного формирования рельефа и физических свойств на поверхности техногенно нарушенных территорий трудно рассчитывать на высокую эффективность рекультивации.

Исследования проблем по рекультивации, показали, что, значительно повысить эффективность рекультивационных работ возможно, только при комплексном подходе и, в тех случаях, когда рекультивационные работы, планируются и начинают выполняться еще до окончания формирования техногенного объекта. Практически всегда необходимо разрабатывать и применять целый комплекс рекультивационных мероприятий, главное назначение которого должно быть создание условий для максимально возможного ускорения процессов самовосстановления разрушенных экосистем как минимум до социально необходимого уровня, с максимальным снижением неблагоприятного воздействия техногенных ландшафтов на прилегающие территории.

Литература

1. Knabe W. Methode and resutat of strip-mine reclamation in Germany // The Ohio Journal of Science. 1964. v. 64. № 2. P. 75–82.

2. Beaver S. H. Land reclamation // The Chartered Surveyor. 1960. v. 92, № 12. P. 25–40.

3. Arguile R. T. Reclamation five industrial sites in the east midlans // J. Inst. Munic. Eng. 1971. v. 98. № 6. P. 110–118.

4. Трофимов С.С., Овчинников В.А. Антропогенный рельеф Кузбасса // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1970. С. 5–24.

5. Попов В.М., Рагим-заде Ф.К., Трофимов С.С. Классификация вскрышных пород Кузбасса по пригодности для целей биологической рекультивации // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1970. С. 25–41.

6. Таранов С.А., Клевенская И.Л., Щербатенко В.И., Баранник Л.П., Юдина К.В. О первичном почвообразовании на естественно зарастающих отвалах Байдаевского угольного разреза // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974. С. 196–204.

7. Трофимов С.С., Таранов С.А., Рагим-заде Ф.К., Фаткулин Ф.А., Кандрашин Е.Р. Рекультивация и почвообразование // Проблемы сибирского почвоведения. Новосибирск: Сиб. отд-ние, 1977. С. 52–72.

8. Щербатенко В.И., Кандрашин Е.Р. Естественная растительность отвально-карьерных ландшафтов Сибири // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). Новосибирск: Наука, 1977. С. 65–80.

9. Трофимов С.С., Титлянова А.А., Клевенская И.Л. Системный подход к изучению процессов почвообразования в техногенных ландшафтах // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. С. 34–52.

10. Гумусообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 166 с.

11. Гаджиев И.М., Курачев В.М. Генетические и экологические аспекты исследования и классификации почв техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск: Наука, 1992. С. 6–15.

12. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.

13. Биологическая рекультивация земель в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1981. 113 с.

14. Гаджиев И.М., Курачев В.М., Андроханов В.А. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. 37 с.

15. Андроханов В.А., Курачев В.М. Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2009. № 2. С. 165–169.

16. Соколов Д. А., Кулижский С. П., Доможакова Е. А., Госсен И. Н. Особенности формирования почв техногенных ландшафтов в различных природно-климатических зонах юга Сибири // Вестник Том. гос. ун-та. 2012. № 364. С. 225–229.

DEVELOPMENT OF THEORETIC BASIS OF DISTURBED TERRITORIES RECLAMATION IN SIBERIA

V.A. Androkhanov, V.S. Artamonova

Institute of soil science and agrochemistry SB RAS, androhan@rambler.ru

Summary. *From the moment of Institute of Soil science and Agrochemistry foundation in Laboratory of soil reclamation different researches on man-caused landscapes are carrying. Holden perennial extensive soil-ecologic researches on violated territories allowed to develop the profile-genetic classification of soils of man-caused landscapes and to formulate the theoretic basis of soil reclamation. Holden researches revealed that in Siberian conditions main limiting factors are low water-holding capacity of ground, caused by high density and low content of clay fraction in substrates of dump, and relief formed after field development. Therefore expecting the high efficiency of reclamation without intentional forming the relief and physical properties on the surface of man-caused territories is thoughtless. For raising the efficiency of reclamation development and implementation the complex of reclamation actions is necessary, main purpose of which is creation of conditions for maximal soil-forming processes accelerating.*

Key words: *reclamation, ISSA SB RAS, man-caused landscapes, soil-forming, Siberia.*

УДК 631.4

ПРИКЛАДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ПОЧВ

Б.Ф. Апарин[1], Е.Ю. Сухачева[2]

[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, soilmuseum@bk.ru
[2] ФГБНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург, soilmuseum@bk.ru

Аннотация. *Прикладная классификация антропогенно-трансформированных почв создается как ветвь субстантивно-генетической классификации почв России (2004). Цель классификации – интегрировать в рамках самостоятельной классификационной системы антропогенно-измененные и антропогенные почвы по диагностическим признакам, определяющим ресурсный потенциал почв. Рассмотрены принципы и структура классификации, дано описание таксономических уровней.*
Ключевые слова: *антропогенно-измененные почвы, агрогенные почвы, деградация, ресурсный потенциал почв, диагностические признаки.*

Антропогенная деятельность с начала 20-го столетия стала решающим фактором преобразования почв на Европейской части территории России. К концу века воздействие человека на почвы уже проявляется в ландшафтах всех природных зон страны. Так, например, доля антропогенно-измененных почв в почвенном покрове Ленинградской области, крупном агропромышленном регионе, к 2018 году превысила 50 %. В легенде к цифровой Почвенной карте в М-бе 1:200 000 (2018 г.) выделено 35 типов и 69 подтипов антропогенно-измененных и антропогенных почв. Благодаря высоким темпам, техническим возможностям и большим масштабам воздействия антропогенный фактор на порядки превышает другие естественные факторы почвообразования по скорости и характеру преобразования почв.

Как показывает мировая практика землепользования, следствием антропогенного преобразования почв является как повышение их производительной способности, так и её снижение, вплоть до полного уничтожения. При антропогенной трансформации почв нарушается природный баланс экосистемных функций почв, которые переходят в нестабильное состояние, и формируется искусственный тренд в развитии типоморфного профилеобразующего процесса.

Антропогенный фактор преобразования почв. Хозяйственная деятельность человека оказывает как прямое, так и опосредованное воздействие на почвы. При кажущемся разнообразии форм и видов воздействия на почвы выявлено всего четыре возможных типа изменения естественного строения почвенного профиля:

– перемешивание почвенных горизонтов,
– образование гомогенных поверхностных гумусовых горизонтов,
– срезание части профиля,
– погребение почвы.

В профиле антропогенно-трансформированных почвы (АТП) всегда обнаруживаются признаки различного происхождения, как унаследованные от естественной почвы, так и приобретенные на разных этапах вмешательства человека в их функционирование. При целенаправленном воздействии на почвы глубокие изменения в строении профиля и свойствах происходят при сельскохозяйственном и лесохозяйственном их использовании. Сопутствующие изменения происходят в почвах при лесозаготовительных работах, прокладке ЛЭП и нефте- и газопроводов, при рытье противопожарных канав, при строительстве магистралей, при проведении мелиоративных работ.

Антропогенное преобразование всегда сопровождается изменением типоморфных характеристик почвы (гумусового и химического профилей, почвенной структуры и др.). Характер профильного изменения морфологии, физико-химических и химических свойств почв отражает в большей степени особенности антропогенного воздействия и в значительно меньшей – генетические особенности почв.

Прямое воздействие на почву, как правило, сопровождается модификацией факторов почвообразования, растительности, а также минеральной матрицы почвы, которые влияют на ход развития почв и увеличивают степень их преобразования. Деятельность человека выступает одновременно и как фактор, и как процесс изменения естественных и формирования новых почв.

В результате антропогенной трансформации формируется чрезвычайно широкий спектр почв в широком диапазоне изменений от слабовыраженных новых признаков, до коренной трансформации естественных почв с чертами, не свойственными их природе.

Как следствие значительно возрастает почвенное разнообразие.

Антропогенно-измененные и антропогенные почвы в классификационных системах. Поиск места антропогенно-преобразованных почв в классификационных системах стало актуальной задачей теоретического почвоведения. Способы решения этой проблемы в разных научных школах подробно рассмотрены в работе М.И. Герасимовой и др. (2003) [1]. Попытка отразить в единой классификационной системе разнообразие антропогенно-измененных и антропогенных почв была предпринята в «Классификации и диагностике почв России» (1997) [2]. В наиболее завершенном виде этот вопрос решен в «Классификации и диагностике почв России» (КДПР, 2004) [3]. Антропогенно-преобразованные почвы в КДПР рассматриваются в единой системе с естественными почвами на основе субстантивно-генетического принципа классификации.

Эти почвы в КДПР выделяются на разных таксономических уровнях во всех трех стволах. В стволе «Постлитогенные почвы» антропогенно-преобразованные почвы выделены в качестве 3-х самостоятельных отделов: агроземы, агроаброземы и турбированные почвы. В стволе «Органогенные почвы» выделен один отдел – торфоземы. В стволе «Синлитогенные почвы» антропогенно-преобразованные почвы выделены на уровне типов в отделах: аллювиальные, вулканические и в отделе стратоземов. На уровне типов агрогенные почвы выделяются в большинстве отделов всех трех стволов классификации.

Химически преобразованные почвы могут присутствовать во всех трех стволах классификации. Однако для таксонов типового уровня в КДПР предлагаются лишь критерии их выделения. Подробная систематика таких почв окончательно не разработана.

Вследствие отсутствия генетически сопряженных горизонтов профиля техногенные поверхностные образования, к которым относятся целенаправленно сконструированные почвоподобные тела, не включены в генетическую почвенную классификацию. Для техногенно-поверхностных образований предлагается автономная система таксономических единиц, состоящая из двух уровней: групп и подгрупп.

Таким образом, антропогенно-преобразованные почвы в КДПР отнесены к отделу естественных почв на уровнях типа и подтипа, выделены в качестве самостоятельных отделов и на уровнях групп и подгрупп вне классификационной системы.

Субстантивно-генетическая диагностика антропогенных и антропогенно-измененных почв была применена в КДПР для отражения единства антропогенно-измененных и антропогенных почв, их связи между собой и естественно-историческими почвами. Этот подход оказался эффективным для рассмотрения антропогенного преобразования почв как «определенный этап естественно-исторической эволюции, сопровождающийся генетически обусловленным изменением режимов, процессов, строения и свойств на всех стадиях преобразования» [3, с. 43].

Следует отметить, что антропогенное преобразование естественных почв увеличивает «расстояние» между типоморфными (генетическими) характеристиками почв и реальным строением и свойствами их трансформированных аналогов, наблюдается несоответствие между строением генетического профиля почв и их свойствами. Например, в агроподзолах реакция почвы часто близка к нейтральным значениям благодаря внесению извести. А агрочерноземы могут иметь кислую реакцию среды в результате внесения физиологически кислых удобрений.

Объекты, цели и принципы прикладной классификации. Для решения практических задач оценки антропогенных изменений ресурсного потенциала почв, управления их рациональным использованием и охраной целесообразно создать прикладную классификацию антропогенно-трансформированных почв.

Объектом классификации являются почвы антропогенно-измененные и антропогенные, имеющие диагностические признаки в морфологическом строении антропогенного происхождения и отличающиеся от естественных агроэкологическим, лесорастительным и экологическим потенциалом почв. Необходимым условием для включения антропогенно-трансформированных почв в классификационную схему является наличие гумусового поверхностного горизонта, который является главным носителем производительного и экологического потенциалов почвы.

Цель прикладной классификации – интегрировать все антропогенно-трансформированные почвы в рамках одной классификационной системы по диагностическим признакам, определяющим актуальный ресурсный потенциал почв. Прикладная классификация может быть использована для оценки агроэкологического, лесорастительного и экологического потенциалов почв, почвенно-экологического картографирования, разработки государственной и региональной политики рационального использования почв, создания региональных реестров почв.

Основным принципом прикладной классификации является субстантивно-функциональный подход, определяющий выбор диагностических признаков таксономических выделов. Диагностическими признаками таксонов являются параметрические характеристики строения профиля почв, определяющие ресурсный потенциал почв. К ним относятся: – мощность и строение гумусового горизонта; структура профиля; вещественный состав; наличие артефактов; почвенная структура и др.

Важным принципом ПК является преемственность с имеющимися отечественными классификациями почв (1977, 1997, 2004). Прикладную классификацию антропогенно-трансформированных почв можно рассматривать в качестве самостоятельной ветви субстантивно-генетической классификации почв России (2004).

Структура прикладной классификации

Почвенная классификация является иерархической системой. Структура классификации образована шестью уровнями.

Главной таксономической единицей является тип. Содержание понятия «тип» соответствует содержанию, принятому в КДПР, что является важным связующим звеном между генетической (КДПР) и прикладной классификациями. Таксономическими выделами ниже типа являются, так же как и в других известных классификациях почв (1977, 1997, 2004): подтип, род, вид, разновидность, разряд. Однако, критерии их выделения другие, и определяются они целями прикладной классификации.

Надтиповой категорией является отдел. Все почвы группируются в 5 отделов: агрогенные, постагрогенные, турбированные, антропогенные, деградированные.

Отдел. Агрогенные почвы.

Названия типов и критерии их выделения соответствуют типам агроестественных почв по КДПР (2004). Подтипы выделяются по степени окультуренности в соответствии с диагностическими признаками по «Классификации и диагностики почв СССР» (1977) [4]. Роды диагностируются по окислительно-восстановительному состоянию почв: оглеенные, окисленно-глеевые, окисленные, осушенные (для торфяных почв). Виды диагностируются по мощности гумусового (органогенного) горизонта: мало-, средне- , мощные почвы. Разновидности выделяются по содержанию гумуса в пахотном горизонте: мало-, средне- и высокогумусные почвы. Органогенные горизонты характеризуются степенью минерализации. Наличие горизонта плужной подошвы и другие особенности почв, влияющие на их производительность, отражаются на уровне разряда.

Отдел. Постагрогенные почвы

В данный отдел включены агрогенные почвы, оставленные в залежь. Площадь необрабатываемых сельскохозяйственных земель в России в конце 90-х годов прошлого столетия по разным оценкам составила от 30 до 40 млн га. В их составе оказались почвы в разной степени окультуренные. Постагрогенная эволюция залежных почв связана с сукцессией растительности и восстановлением почвенного биоценоза. В зависимости от исходного состояния производительный потенциал залежных почв со временем может либо возрастать, либо

уменьшаться. В любом случае постагрогенные почвы могут рассматриваться как ближайший резерв для использования в сельском и лесном хозяйствах.

Отдел образуют все агрогенные типы, находящиеся в залежном состоянии. Диагностическим признаком постагрогенных почв является специфическая морфологическая структура бывшего пахотного и подпахотного горизонтов.

Подтипы выделяются по степени окультуренности (слабо-, средне- и высокоокультуренные почвы). Роды диагностируются по мощности гумусового горизонта. Виды различаются по степени гумусированности (слабо-, средне- и высокогумусированные). Разновидности постагрогенных почв различаются по дополнительным признакам, являющихся следствием многолетнего использования почв в земледелии (плотность сложения, оструктуренность и др.).

Отдел. Антропогенные почвы. Полное разрушение почв происходит при добыче полезных ископаемых, дорожном строительстве, урбанизации. Уничтожая почвы, человек вынужден их восстанавливать для обеспечения экологического качества жизни. Реконструкция почв осуществляется на урбанизированных территориях, участках рекультивации, вдоль магистралей. Человек сам не может создать почву. Для её реконструкции он использует материал гумусовых горизонтов естественных или пахотных почв, перемещенный из окрестных территорий. Им покрывают либо сохранившуюся почвообразующую породу, либо (чаще всего) минеральную разнородную смесь из строительного материала, мусора, разнообразных артефактов, так называемый «культурный слой». Таким способом создаются антропогенные (интродуцированные) почвы с большим варьированием строения, состава, свойств искусственного профиля.

В КДПР такие «почвоподобные» образования включены в самостоятельную группу квазиземов за рамками генетической классификации. В группе выделяется две подгруппы: реплантоземы и урбиквазиземы.

В предлагаемой классификации к антропогенным относятся почвы с интродуцированным гумусовым горизонтом, нанесенным на культурный слой, либо на естественную рыхлую горную породу. В отделе выделены следующие типы интродуцированных почв: серогумусовые и темногумусовые почвы. Подтипы интродуцированных почв выделяются по мощности гумусового горизонта: маломощные (меньше 10 см), среднемощные(10–30 см), мощные (больше 30 см). На уровне рода почвы различаются по характеру и генезису субстрата подстилающего гумусовый горизонт. Выделяются следующие роды: намытые (гомогенные), намытые слоистые, насыпные слоистые, аллювиальные, моренные, озерно-ледниковые, лессовидные, на однородном и слоистом культурном слое.

В основе разделения интродуцированных почв на виды лежат особенности состава гумусового горизонта: органогенные и органо-минеральные, с указанием на степень гомогенности (однородные и неоднородные). Разновидности выделяются по содержанию гумуса в поверхностном органо-минеральном горизонте: мало-, средне- и высокогумусные. Разряды выделяются по гранулометрическому составу верхней части профиля с указанием количества и вещественного состава артефактов.

Отдел. Антропогенно-турбированные почвы. К турбированным относятся почвы с нарушенным строением верхней части профиля. Такие почвы образуются в районах лесозаготовительной деятельности, нефте- и газодобычи. Нарушение строения профиля почв происходит также и при мелиоративных работах. Последующая многократная обработка способствует довольно быстрой гомогенизации пахотного горизонта. Турбированные горизонты на осушенных торфяно-минеральных лесных почвах сохраняются длительный период. В КДПР отдел турбировнных почв включает только четыре типа постсолонцовых почв, профиль которых образуется в результате глубокой мелиоративной обработки солонцов.

В прикладной классификации типы антропогенно-турбированных почв выделяются для естественных разностей. В название типа добавляется слово «турбированная почва». Главным диагностическим признаком турбированных почв является наличие в поверхностных органогенных и органо-минеральных горизонтах хорошо сохранившихся фрагментов материала из подстилающих минеральных слоев.

Деление типов на подтипы производится по глубине нарушений: мелко-, средне- и глубокотурбированные. При определении рода принимается во внимание окислительно-восстановительное состояние почв, диагностируемое по степени оглеения профиля. Выделяются оглеенные, окисленно-глеевые и окисленные почвы.

Степень гомогенности гумусового горизонта по вещественному составу служит основанием для разделения почв на уровне вида: слабо-, средне- и сильнонеоднородные. Соответственно доля примеси в поверхностном горизонте материала из нижеследующих слоев составляет соответственно: меньше 10%, 10–30% и больше 30%.

Отдел. Антропогенно-деградированные почвы. Деградация почв вследствие масштабов проявления и негативных последствий для человечества является одной из важнейших проблем современности. В России более 30 % сельскохозяйственных земель деградированы в разной степени. Виды антропогенной деградации почв разнообразны: загрязнения тяжелыми металлами, техногенными радионуклидами, нефтепродуктами; дегумификация, переуплотнение, техногенная эрозия, разрушение почвенной структуры, закисление и пр. Деградации подвержены все почвы, находящиеся в сфере деятельности человека.

К данному отделу относятся почвы, имеющие в строении профиля хорошо выраженные диагностические признаки деградации почв, вызванные деятельностью человека. Деградация проявляется в устойчивом снижении производительной способности почв и в изменениях их экологических функций. Отдел включает 4 группы типов почв: антропогенно-деградированные естественные почвы, агрогенно-деградированные почвы, деградированные антропогенные почвы, деградированные постагрогенные почвы.

В типе естественных почв выделяются подтипы по преобладающему характеру деградации: эродированные, дефлированные, переуплотненные, переосушенные, загрязненные, пирогенные. Спектр подтипов деградированных агрогенных почв наиболее широк. Помимо перечисленных подтипов, характерных для естественных почв выделяются дегумифированные, истощенные, обесструктуренные, переувлажненные, закисленные, засоленные. В типах деградированных постагрогенных почв помимо подтипов, характерных для агрогенных почв добавляются вторично-засоленные и вторично-заболоченные почвы. Большей частью именно деградация является основной причиной оставления почв в залежь. В типе деградированных антропогенных (интродуцированных) почв выделяется 3 подтипа: техногенно-эродированные. загрязненные, переуплотненные.

Литература

1. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленк: Ойкумена, 2003. 268 с.

2. Классификация почв России / сост.: Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.Н. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 1997. 236 с.

3. Классификация и диагностика почв России / авторы и составители: Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Смоленск: Ойкумена, 2004. 235 с.

4. Классификация и диагностика почв СССР / сост.: Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н., Розов Н.Н., Носин В.А., Фриев Т.А. М.: Колос, 1977. 224 с.

APPLIED CLASSIFICATION ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED SOILS

B.F. Aparin [1], E.I. Sukhacheva [2]

[1] St. Petersburg state university, Saint-Petersburg, soilmuseum@bk.ru
[2] FSBSI Central Soils Museum by V.V. Dokuchaev Saint-Petersburg, soilmuseum@bk.ru

Summary. *Applied classification of anthropogenically transformed soils created as a branch of the substantive-genetic classification of Russian soils (2004). The purpose of the classification have integrated anthropogenically altered and anthropogenic soils within the framework of an independent classification system based on the diagnostic features that determine the resource potential of soils. The principles and structure of classification have considered and the description of taxonomic levels is given.*

Keywords: *anthropogenically modifided soils, agrogenic soils, degradation, soil resource potential, diagnostic features.*

УДК 631.618

ЩАДЯЩИЕ МЕТОДЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

А.Е. Березин, Н.В. Паршина

НИИ биологии и биофизики ТГУ, Россия, Томск, aber@res.tsu.ru

Аннотация. *Проведен анализ влияния антропогенных факторов на болотные ландшафты и существующих путей восстановления нарушенных земель в районах нефтедобычи. Сделана оценка масштабов воздействия разных видов хозяйственной деятельности на болотные ландшафты. Определены основные проблемы рекультивации болотных земель.*
Ключевые слова: *болотные ландшафты, рекультивация земель, нефтедобыча.*

Актуальность. Назначение рекультивации – восстановление функций земель, которые были утрачены в результате хозяйственной деятельности. Но и сама рекультивация представляет собой вариант антропогенного воздействия на природные объекты. Если она производится неадекватными методами, то способна нанести вред сравнимый с нарушением, которое призвана восстанавливать. А иногда и больший, ухудшая условия для самовосстановления природных режимов территории. В связи с этим, рекультивация определяется нами как последовательность действий, способствующих скорейшему восстановлению нарушенных природных режимов и биоты. Растительность используется как индикатор экологического состояния территории.

По данным кадастра болот районов нефтедобычи Томской области, до 80% территории нефтяных месторождений заняты верховыми и переходными болотами [1]. Технология добычи нефти предполагает образование отходов производства, загрязняющих окружающую среду, а также возможность аварийных ситуаций.

Болотные ландшафты обладают рядом особенностей, которые необходимо учитывать при организации не только хозяйственной деятельности, но и работ по устранению ее негативных последствий. Болотные грунты характеризуются избыточной, периодически изменяющейся увлажненностью, низкой несущей способностью, бедностью минерального питания, а также специфической растительностью. Задача рекультивации заболоченных территорий требует иных решений, чем на минеральных грунтах.

Настоящая работа посвящена щадящим методам рекультивации заболоченных территорий.

Объекты и методы исследования. Для выбора конкретных методов рекультивации необходимо: во-первых, выявить воздействие – его объем и характер травмирующего фактора; во-вторых, оценить место, где оно произошло – степень нарушения природного выдела, естественное направление природных режимов, и его потенциальную способность к восстановлению; в-третьих, определить, как будет использоваться территория после рекультивации (цель рекультивации).

Воздействие объектов нефтегазового комплекса на болотные ландшафты можно разделить на две основные группы: 1) неспецифические (общестроительные); 2) специфические, связанные с нефтедобычей.

К неспецифическим относятся следующие виды воздействия:

– сооружение насыпей (дороги, отсыпка промышленных площадок, насыпи для наземных трубопроводов и пр.);

– выемка грунта (карьеры грунта, шламовые амбары, пожарные водоемы и пр.).

– нарушение целостности почвенно-растительного покрова при движении автотранспорта вне дорог;

– загрязнение территории производственными (металл, строительный мусор и др.) и бытовыми отходами;

– пожары.

К специфическим видам воздействия относятся:

– загрязнение отходами бурения;

– загрязнение территории нефтью и нефтепродуктами;

– загрязнение нефтепромысловыми и пластовыми высокоминерализованными водами.

Общестроительные факторы, связанные с большим объемом земляных работ меняют ландшафтные характеристики территории, оказывают сильное воздействие на ее гидрологический режим и растительность, запуская разной длительности сукцессии.

Значительными, по распространению и трансформации ландшафтов, являются воздействия, связанные с выемкой грунта. При бурении нефтегазовых скважин в Западной Сибири широко используется «амбарный» метод, при котором выбуренная горная порода (шлам) и остатки бурового раствора сбрасываются в котлован, расположенный в непосредственной близости от буровой установки. Размер шламового амбара (ША) зависит от объема буровых работ. Строительство, использование и даже рекультивация ША представляют собой активное вмешательство в природу, ликвидация последствий которого требует поиска экологически приемлемых решений.

Анализ последствий рекультивации ША (выемка грунта) на верховых болотах позволяет утверждать, что существующие методы здесь неэффективны. Распространенная технология засыпки ША минеральным грунтом только усиливает уже нанесенный природе ущерб, поскольку является минеральным загрязнением (для верховых болот это загрязнение) и связана с необходимостью нарушения территории в другом месте (грунт для засыпки надо где-то взять). Внесение удобрений и раскислителей нарушает естественный природный режим и значительно замедляет процесс восстановления растительности верховых болот.

Исследование объектов поискового бурения показало, что старые ША расположенные на болотах в большинстве случаев не представляют опасности для прилегающих территорий. Остаточное загрязнение химическими реагентами, консервируется торфяной залежью, способствуя евтрофикации донных отложений, а его распространение ограничено несколькими метрами за пределы ША. Поверхность зарастает мелководной растительностью, характерной для водоемов на минеральных грунтах. Через пять-шесть лет они отличаются от внутриболотных озер только составом растительности, поэтому их можно оставить без дальнейшего вмешательства.

Иная ситуация складывается со ША эксплуатационных кустов скважин, где загрязнение нефтью и промысловыми сточными водами происходит многократно (период бурения, ремонта и аварийных сбросов). В этом случае требуется скорейшее удаление нефтяного загрязнения, и ликвидация амбара, как места возможного сброса загрязнителей.

Сооружение насыпей для дорожного строительства на болотах тоже сопровождается целым рядом проблем: поверхностный болотный сток не образует ручья, а осуществляется фронтально и внутри верхнего слоя торфяной залежи. Если дорога направлена поперек естественного стока, то становится препятствием на его пути. Водопропускные устройства в этих условиях работают неэффективно. При этом с одной стороны дорожного полотна происходит подтопление, а с другой – осушение и трансформация растительности, часто с гибелью доминантных видов.

Большинство объектов связанных с созданием насыпей строятся для длительной эксплуатации и вопрос их рекультивации менее актуален. Исключение составляют участки временных дорог и обваловка шламовых амбаров. При рекультивации насыпей основной задачей является восстановление дренированности территории. Грунт, полученный при ликвидации насыпных объектов, может быть повторно использован для организации новых насыпей или ликвидации выемок на минеральных грунтах.

При частичном нарушении целостности почвенно-растительного покрова (движение автотранспорта вне дорог) и загрязнении территории отходами производства и потребления, рекультивация ограничивается сбором отходов. На заболоченных участках и болотах рыхление проводить нецелесообразно: необходимо максимально беречь целостность сохранившегося напочвенного растительного покрова. При существенных нарушениях болотной поверхности, моховой дернины, верхних пластов залежи лучше прибегнуть к их ручной планировке.

Обычно приходится иметь дело с сочетанным воздействием как общестроительных, так и специфических факторов.

Аварии на нефтепроводах являются основной причиной нефтяного загрязнения, которое чаще всего локализуется вдоль коридоров коммуникаций, на участках где есть нарушения почвенно-растительного покрова со времен строительства трубопроводов.

Масштаб воздействия связан с количеством пролитой нефти и условиями ее распространения по поверхности. На болотах, где грунтовые воды находятся на небольшой глубине или даже у самой поверхности, и нет выраженных западинных форм рельефа, растекание нефти определяется наличием поверхностного стока. Проникновение нефти вглубь ограничено уровнем болотных вод [2]. С учетом высоких сорбционных свойств торфа и моховой дернины нефтяное загрязнение формирует локальный участок, за пределы которого распространяется только в период таяния снега.

Нефтяное загрязнение оказывает на растительность не только непосредственное токсическое действие, но и существенно ухудшает условия обитания, нарушая водно-воздушный режим почв, микробиологические процессы, ухудшая условия прорастания и развития растений [3-6]. При этом, чем свежее нефтяной разлив, тем выше токсические свойства пролитой нефти [7]. Болотная растительность достаточно успешно восстанавливается после нефтяного загрязнения, поскольку адаптирована к дефициту кислорода и избытку влаги. Индикатором наличия нефтяного загрязнения на болотах и заболоченных землях является наличие густых зарослей рогоза узколистного и широколистного (*Typha angustifolia* и *latifolia*). При смешанном загрязнении (нефть, минерализованные воды, отходы бурения) к рогозу присоединяется тростник обыкновенный (Phragmites australis).

Рекультивация нефтезагрязненных земель проходит в три этапа: предварительный, технический и биологический. Первоочередной задачей является сбор свободной нефти с поверхности. Для этого на пути распространения загрязнения выкапываются дренажные канавы для сбора и последующей откачки нефти. Эти работы не имеют сезонных ограничений. Но, если аварийный разлив произошел зимой, необходимо закончить сбор нефти до начала снеготаяния, во избежание попадания нефти в поверхностные водоемы. Для снижения пожароопасности, загрязненный участок должен быть очищен от погибшей древесной растительности и мусора. После этого производится контроль остаточного содержания нефтепродуктов в почве и воде.

По общепринятой практике на втором этапе работ проводится рыхление почвы фрезерованием с одновременным внесением минеральных удобрений и раскислителей с целью улучшения баланса питания микробов-деструкторов. Однако, верховым болотам такое вмешательство приносит не меньше вреда, чем нефтяное загрязнение, и может сильно увеличить время восстановления естественной растительности.

На третьем этапе, когда концентрация нефтепродуктов снижена до 8% от объема почвы, осуществляется посев трав с разветвленной корневой системой. При более высокой концентрации нефти, почва непригодна для прорастания, хотя жизнеспособность семян сохраняется [7]. Для болотных участков показаны посадка рогоза, пушицы и осоки.

Наиболее благоприятным для проведения работ второго и третьего этапов рекультивации на болотах является период с июля по сентябрь. Правильно организованные мероприятия по рекультивации нефтезагрязненных земель занимают один вегетационный период, стимулируют и запускают естественные механизмы восстановления. Однако восстановление растительного покрова требует времени – три или даже четыре года. Свежие нефтяные разливы (менее 6 месяцев) невозможно рекультивировать за один сезон, третий этап рекультивации для них необходимо переносить на следующий год.

Разведка и добыча углеводородного сырья связана с образованием отходов бурения, состоящих из отработанных буровых растворов, выбуренной породы, пластовых вод и углеводородов, представляющих потенциальную опасность для окружающей среды. Загрязнение территории верховых болот отходами бурения приводит к гибели олиготрофной растительности, но этот вид воздействия не имеет большого распространения.

Обсуждение результатов. Самые нерешенные, в настоящее время, проблемы рекультивации связаны с ликвидацией последствий полного уничтожения олиготрофной болотной растительности при разливах высокоминерализованных вод. При загрязнении мезотрофных и олиготрофных болот высокоминерализованными водами происходит полная гибель естественной растительности [8]. Чаще всего загрязнение почвенно-растительного покрова высокоминерализованными водами происходит в результате разлива подтоварной воды, а также воды используемой в системе поддержания пластового давления (ППД). Наибольшую потенциальную опасность для окружающей среды представляют водоводы высокого и низкого давления. Большинство аварий происходит из-за коррозии на водоводах высокого давления. Подтоварная вода и сеноманская жидкость обладают агрессивными химическими свойствами, что существенно увеличивает коррозионный износ.

На обследованных участках, где загрязнение произошло 5–7 лет назад не выявлено никаких признаков ее восстановления. Вопросы рекультивации таких загрязнений остаются в настоящее время нерешенными. Кроме того, эти участки, из-за большого количества горючего материала (сухие мхи, кустарнички и сосна), надолго остаются пожароопасными.

Лесные пожары всегда сопровождали хозяйственную деятельность. Болотные массивы в нормальном режиме функционирования являются естественными преградами на пути их распространения. Однако особенности 2012 г (малоснежная зима, ранняя весна, сухое и жаркое лето) показали, что ситуация может измениться. Низинные пожары охватили летом огромные пространства, в том числе занятые болотами. Горели торфяники не только на искусственно осушенных болотах, но и по периферии крупных болотных массивов. Даже частичное повторение ситуации 2012 г., с учетом изменений в болотных ландшафтах связанных с потеплением климата, может привести к массовому распространению торфяных пожаров на болотах Западной Сибири.

Заключение. Изменения на болотах связанные с хозяйственной деятельностью в настоящее время носят ограниченный характер. Значимым являются только загрязнение нефтью и высокоминерализованными водами, а также пожары.

Работы по реабилитации нарушенных земель рассматриваются нами как процесс, направленный не просто на снижение формальных показателей загрязнения, а на содействие скорейшему восстановлению нарушенных природных режимов.

Наблюдая результаты рекультивации при воздействиях различного характера, различными методами, и в различных природных выделах, мы пришли к выводу, что методы рекультивации нарушенных земель, закрепленные в нормативных документах, часто не достигают цели на болотных территориях. Нами предлагаются щадящие методы рекультивации с учетом специфики болотных ландшафтов.

Выбор методов рекультивации определяется следующими факторами:

– расположением нарушенного участка – на минеральных грунтах или на болоте;

– объемом и характером травмирующего воздействия;

– степенью нарушения природного выдела, способностью к самовосстановлению, естественной направленностью процессов восстановления природных режимов;

– целью рекультивации.

Литература

1. Базанов В.А., Березин А.Е. Кадастр болот районов нефтедобычи Томской области // Вестник ТГУ. 2004. № 30. С. 28–33.

2. Березин А.Е. Рекультивация земель в районах нефтедобычи // Вестник ТГУ. 2004. № 30. С. 34–41.

3. Калюжин В.А., Князева Е.В. Совместное влияние на растительность нефтяного загрязнения и засоления почв. // Химия нефти и газа: материалы 4 международной конференции. Томск, 2000. Т. 2. С. 204-206.

4. Солнцев Н.П., Никифоров Е.М. Региональный геохимический анализ загрязнения почв нефтью // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 122–139.

5. Хабибуллин П.А., Коваленко М.В. Состояние исследований по оценке и ликвидации последствий загрязнения почвы нефтью и ее фитотоксичности // Рекультивация земель в СССР. 1982. Т. 2. С. 149–150.

6. Шилова И.И. Биологическая рекультивация нефтезагрязненных земель в условиях таежной зоны // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 159–167.

7. Невзоров В.М. О вредном воздействии нефти на почвы и растения // Лесной журнал. 1976. № 2. С. 164–165

8. Березин А.Е., Базанов В.А., Минеева Т.А., Березина Л.А. Влияние высокоминерализованных вод на почвенно-растительный покров в районах нефтедобычи // Вестник ТГУ. 2008. № 306. С. 142–148.

SPARINGMETHODS OF RECLAMATION OF LAND IN WETLANDS

A.E. Beresin, N.W. Parshina

Scientific Research Institute of Biology and Biophysics, Tomsk State University, Tomsk, aber@res.tsu.ru

Summary. *An analysis is made of the influence of anthropogenic factors on the mires landscapes and the existing ways to restore the damaged lands in oil-producing regions. The scale of effects of different types of economic activities on the swamp landscapes is estimated. The basic problems of recultivation of the swamp lands are determined.*

Keywords: *mires landscapes, land reclamation, oil production.*

УДК 504.064.2

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ГЕНАМИ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ

Н.В. Гненная, Л.Е. Хмелевцова, Е.Ю. Селиверстова, Т.Н. Ажогина, И.С. Сазыкин, М.А. Сазыкина

Южный Федеральный университет, Россия, Ростов-на-Дону, ngnennaya@inbox.ru

Аннотация. *В работе представлены результаты исследования содержания клинически значимых генов устойчивости к антибиотикам в почвах полигонов твердых бытовых отходов, расположенных в Ростовской области. Данные получены с помощью метода ПЦР-анализа.*
Ключевые слова: *почвы, полигоны твердых бытовых отходов, загрязнение, антибиотикоустойчивость, гены антибиотикорезистентности.*

Вследствие быстрого развития урбанизации, пригородные районы часто становятся площадками для сброса и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО). На полигоны ТБО поступают различные мусорные отходы, содержащие резистентные бактерии, которые могут способствовать пополнению резистома природных бактериальных сообществ. Распространение генов антибиотикорезистентности (АРГ) представляет серьезную опасность здоровью общества [1]. В связи с этим изучение распространения генов резистентности к антибиотикам является важной задачей и в последнее время все больше работ направлено на изучение данной проблемы [2-6]. Учитывая вышесказанное, целью данной работы стало выявление клинически значимых генов устойчивости к антибиотикам в грунтах полигонов твердых бытовых отходов.

Пробы почв были отобраны в мае-июне 2017 г. на территориях различных полигонов ТБО, расположенных в Ростовской области. Выделение тотальной почвенной ДНК из отобранных образцов проводилось с помощью метода, разработанного Всероссийским научно-исследовательским институтом сельскохозяйственной микробиологии и модифицированного нами [7]. ПЦР-амплификация производилась на аплификатореТ-100 («Bio-Rad») с использованием наборов для идентификации генов антибиотикорезистентности к карбапенемам (гены VIM, OXA-48, NDM), цефалоспоринам (гены MecA, CTX-M), гликопептидам (гены VanA и VanB), тетрациклину и эритромицину (НПФ «Литех», Россия). Электрофорез полученных ампликонов проводили в камере для горизонтального электрофореза SE-2 («Хеликон»), в 1,2% агарозном геле, при напряжении 115 В в течение 1 часа. Разделение проводили с использованием 0,5Х буфера ТВЕ (54 г Трис, 27,5 г борной кислоты, 20 мл 0,5 М ЭДТА на 1 литр раствора; pH~8,3).

В результате проведенного исследования в пробах почв, отобранных на территориях полигонов ТБО, было выявлено наличие генов, детерминирующих устойчивость к тетрациклину, гликопептидам (VanA), цефалоспоринам (CTX-M), а также к карбапенемам (NDM).

Ни в одном из представленных образцов не было обнаружено генов VIM и OXA-48 (резистентность к карбапенемам), MecA (резистентность к цефалоспоринам), VanB (резистентность к гликопептидам) и генов, кодирующих устойчивость к эритромицину.

Следует отметить, что карбопенемазы представляют наибольшую угрозу среди бета-лактамаз, поскольку обладают высокой каталитической активностью, а также широким спектром субстратной специфичности, включающим практически все классы бета-лактамных антибиотиков [8].

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что высокая антропогенная нагрузка может способствовать появлению АРГ в различных биоценозах. Систематическое изучение территорий, подверженных постоянному загрязнению муниципальными и техногенными отходами, даст возможность выявить точки накопления и распространения АРГ и позволит прогнозировать возникновение бактериальных штаммов с множественной лекарственной устойчивостью.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках научного проекта № 6.2379.2017/ПЧ; при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-04-00787 А; с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» Южного федерального университета.

Литература

1. Jechalke S., Broszat M., Lang F., Siebe C., Smalla K., Crohmann E., Effects of 100 years wastewater irrigation on resistance genes, class 1 integrons and IncP-1 plasmids in Mexican soil // Front. Microbiol. 2015. № 6. С. 163–166.

2. Xiang Q., Chen Q., Zhu D., An X., Yang X., Su J., Qiao M., Zhu Y. Spatial and temporal distribution of antibiotic resistomes in a peri-urban area is associated significantly with anthropogenic activities // Enviromental Pollution. 2018. № 235. С. 525–533.

3. Chen Q., Li H., Zhou X., Zhao Y., Su J. An underappreciated hotspot of antibiotic resistance: The groundwater near the municipal solid waste landfill // Science of The Total Environment. 2017. № 609. С. 966–973.

4. Сазыкина М.А., Сазыкин И.С., Хмелевцова Л.Е., Хаммами М.И., Селиверстова Е. Ю. Антибиотики и гены антибиотикорезистентности в окружающей среде // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. 2016. Т. 12, № 2. С. 30–40.

5. Гненная Н.В., Сазыкин И.С., Сазыкина М.А. Механизмы приобретения резистентности к антибиотикам микроорганизмами // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. 2018. Т. 14, № 1. С. 77–85.

6. Gorovtsov A.V., Sazykin I.S., Sazykina M.A. Theinfluenceofheavymetals, polyaromatichydrocarbonsandpolychlorinatedbiphenylspollutiononthedevelopmentofantibioticresistanceinsoils // Environmental Scienceand Pollution Research. V. 25 (10). P. 9283–9292. https://doi.org/10.1007/s11356-018-1465-9

7. Селиверстова Е.Ю., Сазыкин И.С., Сазыкина М.А., Хмелевцова Л.Е., Рынза И.С. Использование различных концентраций лаурилсаркозината натрия и SDS для выделения ДНК из почвы // Валеология. 2015. № 3. С. 42–46.

8. Уляшова М.М., Халилова Ю.И., Рубцова М.Ю., Эйдельштейн М.В., Александрова И.А., Егоров А.М. Олигонуклеотидный микрочип для идентификации генов карбапенемаз молекулярных классов A,B и D // Actanaturae. 2010. № 36. С. 116–125.

POLLUTION OF SOLID WASTE LANDFILL SOILS WITH ANTIBIOTIC RESISTANCE GENES

N.V. Gnennaya, L.E. Khmelevtsova, E.Yu. Seliverstova, T.N. Azhogina, I.S. Sazykin, M.A. Sazykina

Southern Federal University, Russia, Rostov-on-Don, ngnennaya@inbox.ru

Summary. *The work features the research results of clinically significant antibiotic resistance genes concentration in soils of the solid waste landfills located in the Rostov region. Data are obtained by means of the PCR-analysis method.*

Keywords: *soil, solid waste landfills, pollution antibiotic resistance, antibiotic resistance genes.*

УДК 631.4

ПЕТРОГРАФИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГА КУЗБАССА

В.Г. Двуреченский[1, 2], В.П. Середина[3]

[1] Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Россия, Новосибирск
[2] Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Россия, Новосибирск, dvu-vadim@mail.ru
[3] Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, Томск, seredina_v@mail.ru

Аннотация. *Выявлены особенности петрографического состава, дана минералогическая характеристика. В петрографическом отношении отвальные породы, на которых формируются эмбриоземы, представлены в основном клиноцоизитом и актинолитовым метасоматитом. Установлено, что главным первичным минералом эмбриоземов является кварц; второстепенные минералы представлены типичными породообразующими минералами Алтае-Саянской горной страны Определено, что в эволюционном ряду техногенных почв содержание смектитовых минералов увеличивается от инициальных эмбриоземов к дерновым.*
Ключевые слова: *техногенные ландшафты, эмбриоземы, петрографический состав, минералогическая характеристика.*

Актуальность. Процесс формирования техногенных ландшафтов сопровождается извлечением и перегруппировкой ряда химических элементов и их соединений [1]. Это обусловливает ряд негативных экологических последствий для биогеоценозов данных территорий, что отражается и на состоянии почв.

В настоящее время в пределах Западной Сибири довольно хорошо изучены почвы техногенных ландшафтов в различных биоклиматических зонах [2–5]. Техногенные почвы ландшафтов горно-таежного пояса на сегодняшний день изучены недостаточно. На фоне заметного числа публикаций, в которых освещаются морфологические особенности, состав гумуса, физико-химические параметры, практически отсутствуют работы, в которых были бы представлены результаты петрографического и минералогического состава таких почв. Вместе с тем, эти показатели относятся к наиболее устойчивым признакам почв, определяя особенности почвообразовательных процессов, особенно в «молодых» почвах.

Цель данной работы – изучить вещественный состав техногенных почв железорудных месторождений юга Кузбасса.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являются техногенные почвы: эмбриоземы инициальные (разрез 1), эмбриоземы органо-аккумулятивные (разрез 2), эмбриоземы дерновые (разрез 3), формирующиеся на транспортных отвалах Одра-Башского месторождения. В геолого-географическом отношении Одра-Башское месторождение входит в состав Темир-Тельбесской группы железорудных месторождений Горно-Шорского горнорудного района. Почвы изучались с помощью полевого, сравнительно-географического, морфологического и аналитического методов.

Петрографический анализ каменистой части эмбриоземов проведен методом поляризационной микроскопии специально изготовленных шлифов [6]. Минералогический анализ проведен методом рентген-дифрактометрии на дифрактометре X»Pert PRO. Диагностика и определение минералов при анализе рентгенограмм, полученных в ходе работы на рентген-дифрактометре X»Pert PRO, проведены по базальным отражениям (для ориентированных препаратов) и их межплоскостным расстояниям.

Обсуждение результатов. В пределах Одра-Башского железорудного массива наиболее распространенными типами эмбриоземов являются: инициальные, органо-аккумулятивные и дерновые.

Вещественный состав почв, их физико-химические свойства и плодородие в значительной степени обусловлены характером материнских пород, дающих начало минеральной части –

скелету почвенного тела. Набор почвенно-экологических функций техногенного ландшафта и уровень его развития в большой степени определяется свойствами литогенной основы, причем основными факторами, регламентирующими эти параметры, выступают петрографический, минералогический и химический состав пород, выступающих в качестве почвенно-экологического ресурса. При оценке специфики формирования почв на отвалах железорудного месторождения по сравнению с ненарушенными зональными почвами важно отметить, что изначально все почвообразующие субстраты техногенных почв представлены смесью вскрышных (покровные глины, некарбонатные суглинки) и вмещающих (песчаники, аргиллиты, алевролиты) пород с различным химическим составом. Петрографический анализ каменистой части фоновой горной бурой таежной почвы показал, что она состоит преимущественно из глинистой породы с включением терригенного материала.

Включенные обломки представлены кварцем, мусковитом, биотитом алевролитовых размерностей (0,01–0,05 мм). Важным диагностическим показателем, характеризующим свойства данной почвы, является наличие железосодержащих минералов – гематита и пирита, обусловливающих и высокое содержание валового железа – 11,03%. По микротрещинам отмечаются соединения трехвалентного железа охристого цвета. Присутствуют обломки пород силицитов, встречаются участки сцементированной глинистым материалом породы без включений железа. В отличие от петрографического состава горной бурой таежной почвы, анализ каменистой части эмбриоземов инициальных свидетельствует о том, что обломки твердой породы представлены в основном клиноцоизитом и актинолитовым метасоматитом.

Следовательно, Одра-Башское железорудное месторождение, как и большинство месторождений Горной Шории, согласно классификации рудных месторождений, имеет контактно-метасоматитовое происхождение по классу магнетитово-магнезиально-скарновых, что находит подтверждение в работах [7, 8]. На контакте пород формируется гранатовый скарн анизотропного строения, насыщенный многочисленными ветвистыми жилками гидроксидов железа. Присутствуют эпидот, кварц, альбит, насыщенные гидроксидами железа с гнездовидными выделениями клиноцоизита. Анализ горной породы, на которой формируются эмбриоземы, указывает на то, что петрографический состав данной породы является типичным для территории Горной Шории.

Минералогический состав почв является, в основном, литогенным свойством, наследуемым от горных пород, на которых сформировались изучаемые почвы (таблица).

Минералы материнских пород вносят вклад в энергетический баланс почвообразования, так как они обладают поверхностной энергией и энергией кристаллических решёток. Превращение минеральных соединений обусловливает эволюцию, само регулируемость, устойчивость почв различного рода воздействиям, создаёт предпосылки для различной интенсивности и направленности почвообразовательных процессов. Минералы горных пород в процессе гипергенеза становятся источниками элементов, необходимых для питания растений. Первичные минералы фоновой почвы представлены кварцем, плагиоклазом, минералами группы слюд, хлоритами. Характерной особенностью бурой горно-таежной почвы, формирующейся в районе интенсивной добычи железа, является присутствие по всему профилю минерала гематита, который в мелкодисперсном состоянии придает почвенным агрегатам красноватый оттенок. Минералы группы слюд имеют, как правило, негипергенное происхождение, являются компонентами многих магматических и метаморфических пород [9] и оказывают существенное влияние на плодородие почв, являясь основным источником калийного питания растений [10]. Присутствие невыветрелых хлоритов, как правило, не оказывает существенного влияния на свойства почв вследствие малой емкости катионного обмена и низкой степени дисперсности. Однако хлориты довольно легко поддаются разрушению и могут быть источником Mg и других элементов, необходимых для питания растений.

Как известно, буроземообразовательный процесс характеризуется оглиниванием метаморфической породы, сопровождающийся образованием глинистых минералов. Преобладающим глинистым минералом в горной бурой таежной почве является каолинит. В составе почв минералы группы каолинита образуются как продукты выветривания минералов алю-

мосиликатной природы – полевых шпатов, слюд, хлоритов. Каолинит не способен к межпакетной сорбции вещества, поэтому вхождение молекул воды или катионов в межпакетные пространства невозможен. Высокое содержание минералов группы каолинита не оказывает благоприятного влияния на плодородие почв.

Минералогический состав почв Одра-Башского железорудного месторождения

Горизонт, глубина, см	Первичные минералы	Глинистые минералы
Разрез 1		
C_1 0–18	Кварц, группа граната (гроссуляр), группа амфиболов, цеолит, гематит (следы)	Монтмориллонит, группа слюд и гидрослюд
C_2 18–28	Кварц, гематит, магнетит, цеолит, группа граната, группа амфиболов	Монтмориллонит, каолинит
Разрез 2		
A_0 1–3	Группа амфиболов, кварц, доломит, цеолит, гематит	Монтмориллонит, каолинит
A_0C_1 3–8	Магнетит, кварц, калиевые полевые шпаты, доломит	Монтмориллонит, каолинит
C_2 20–30	Магнетит, группа амфиболов, кварц, гематит, гранат	Монтмориллонит, каолинит
C_3 50–60	Магнетит, группа амфиболов, кварц гематит, гранат	Монтмориллонит, каолинит
Разрез 3		
A_d 1–3	Магнетит, группа амфиболов, кварц, гематит	Плохо окристаллизованный материал
A_dC_1 10–20	Магнетит, группа амфиболов кварц, гранат, цеолит, гематит	Монтмориллонит, каолинит
C_1 25–35	Магнетит, цеолит, группа амфиболов, кварц, гранат, гематит	Монтмориллонит, цеолит
C_2 40–50	Гранат, кварц, группа амфиболов, магнетит	Монтмориллонит, каолинит
Разрез 4		
АО 0–5	Хлорит, слюда, кварц, плагиоклаз, гематит	Каолинит
АУ 5–15	Кварц, хлорит, слюда, плагиоклаз, гематит	Каолинит
ВМ 20–30	Кварц, хлорит (Mg), слюда, калиевые полевые шпаты, плагиоклаз, гематит	Каолинит, слюды
ВМС 70–80	Кварц, гематит, хлорит	Каолинит (следы)

В соответствии с этим, главным минералом фоновой почвы является кварц; второстепенные минералы – гематит, хлорит, каолинит, плагиоклазы; редкие – минералы группы слюд и калиевые полевые шпаты.

Исследованные типы эмбриоземов имеют сходство в качественном и количественном содержании минералов. В состав первичных минералов входят кварц, минералы группы граната, амфиболов, магнетит, доломит; в некоторых горизонтах отмечаются калиевые полевые шпаты и цеолит. Основными железосодержащими минералами являются пирит и гематит. В минеральном скелете эмбриоземов главным первичным минералом является кварц, что объясняется силикатной природой большинства породообразующих минералов на изученной территории железорудного месторождения. Второстепенными минералами являются типичные породообразующие минералы Алтае-Саянской горной страны: гроссуляр (группа граната), козулит (группа амфиболов).

Присутствие минералов группы граната в профилях эмбриоземов является прямым следствием гипергенеза горных пород, на которых образовались почвы. Редкими минералами техногенных почв являются цеолит, гематит, а также слюды (преимущественно мусковит). Столь малое содержание в твердой фазе почвы мелкодисперсной слюды является показателем сравнительно недавно начавшихся процессов выветривания минералов вскрышных и вмещающих пород, оказавшихся на дневной поверхности в результате техногенеза. Можно предположить, что пионерная растительность, развивающаяся на эмбриоземах, особенно инициальных, испытывает в настоящее время недостаток некоторых питательных элементов, особенно калия, одним из основных источников которого являются слюды.

Активность физических и гипергенных процессов, воздействующих на обломочный материал, приводит к образованию и накоплению вторичных минералов, представленных в эмбриоземах, в основном, минералами группы монтмориллонита и каолинита. Глинистые ми-

нералы, являясь носителями поглотительной способности, дают первичную информацию о таких важных свойствах почв, как гранулометрический состав, плотность твёрдой фазы, гидрофильность, пептизация, набухание, пластичность, способность к структурообразованию. Многие процессы в почвах контролируются химическими реакциями на поверхности раздела и взаимодействия (интерфейсах) почвенных минералов и почвенных растворов. Минералы монтмориллонитовой группы могут обеспечить высокую буферность почвы по отношению к катиону калия и другим элементам питания в катионной форме [10]. Появление в эмбриоземе дерновом монтмориллонита в числе главных минералов является очень важным фактором увеличения емкости катионного обмена данных почв и усиления способности к структурообразованию. Поскольку монтмориллонит выделен, как главный минерал (содержание более 20%), можно предполагать, что повышенное содержание монтмориллонита на данной стадии развития эмбриоземов может вызвать нежелательные последствия. Это связано с тем, что почвы с преобладанием смектитовых минералов в составе тонкодисперсных фракций, особенно при низком содержании агрегирующих компонентов, в условиях избыточного увлажнения могут значительно набухать, ухудшая водно-физические свойства, что следует учитывать при разработке и реализации плана рекультивации техногенно нарушенных почв.

Выводы:

1. Выявлены различия в петрографическом составе, качественном и количественном содержании минералов в фоновой почве и эмбриоземах, которые обусловлены рядом факторов, ведущую роль среди которых играют особенности состава материнских пород, разновозрастность, обусловливающая разную степень развития профилей, хаотичное распределение минералов в эмбриоземах, вызванное техногенным воздействием.

2. Минералогический состав фоновых бурых горно-таежных почв указывает на то, что основные минералы, присутствующие в них, унаследованы от подстилающей породы вследствие процессов гипергенеза.

3. Важным диагностическим показателем петрографического состава, характеризующим свойства фоновых почв, является наличие железосодержащих минералов – гематита и пирита.

4. Вещественный состав эмбриоземов, формирующихся на отвалах железорудных месторождений, обладают иными, нежели фоновые почвы, свойствами и характеристиками. Эмбриоземы имеют более высокую каменистость, что определяет неблагоприятный водный режим и низкий актуальный потенциал плодородия, связанный с незначительным содержанием в них элементов минерального питания.

5. Отсутствие глинистых минералов групп монтмориллонита и каолинита в инициальных эмбриоземах, и появление их в органо-аккумулятивных и дерновых, является закономерным процессом, отражающим степень развития техногенных почв. Увеличение содержания монтмориллонита в эволюционно наиболее развитых эмбриоземах дерновых является показателем начинающегося оструктуривания данного типа почвы.

6. Полученные результаты вещественного состава, наряду с другими параметрами, дают возможность проведения географо-генетического анализа связей особенностей развития того или иного типа эмбриоземов с определяющими факторами и условиями почвообразования, а также оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов.

Литература

1. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / отв. ред. А.И. Сысо. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.

2. Двуреченский В.Г., Середина В.П. Характеристика почвенного покрова техногенных ландшафтов Красногорского каменноугольного разреза // Вестник Томского государственного университета. 2014. № 387. С. 257–65.

3. Соколов Д.А., Андроханов В.А., Кулижский С.П., Доможакова Е.А., Лойко С.В. Морфологическая диагностика процессов почвообразования на отвалах каменноугольных разрезов Западной Сибири // Почвоведение. 2015. № 1. С. 106–117.

4. Парфенова Е.И., Ярилова Е.А. Минералогические исследования в почвоведении. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 198 с.

5. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Глинистые минералы в почвах. Тула: Гриф и К, 2005. 335 с.
6. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 868 с.
7. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области / отв. ред. Р.В. Ковалев. Новосибирск: Наука, 1975. 289 с.
8. Вольфсон Ф.И., Дружинин А.В. Главнейшие типы рудных месторождений. М.: Недра, 1982. 383 с.
9. Bowen H.J.M. Environmental chemistry of the elements. New York, 1989. 333 p.
10. Середина В.П. Калий и почвообразование: учеб. пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2012. 354 с.

PETROGRAPHY AND MINERALOGY OF SOILS OF TECHNOGENIC LANDSCAPES OF IRON DUMPS OF SOUTH KUZBAS

V.G. Dvurechenskiy[1,2], V.P. Seredina[3]

[1] Institute of Soil Science and Agrochemistry Siberian Branch of the Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation
[2] Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russian Federation, dvu-vadim@mail.ru
[3] Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation, seredina_v@mail.ru

Summary. *The features of the petrographic composition are revealed, and the mineralogical characteristics are given. In the petrographic respect, the dumps rocks on which embryozems are formed are represented mainly by clinozoisite and actinolite metasomatite. It has been established that quartz is the main primary mineral of embryozomes; secondary minerals are represented by typical rock-forming minerals of the Altai-Sayan mountainous country It is determined that in the evolutionary series of technogenic soils the content of smectite minerals increases from initial embryozems to sod embryozems.*
Key words: *technogenic landscapes, embryozems, petrographic composition, mineralogical characteristics.*

УДК 631.618

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГОРЛОВСКОГО АНТРАЦИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛ.) НА СОСТОЯНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

А.Ю. Девятова[1,2], Д.А. Соколов[3], И.Н. Госсен[3], Н.А. Соколова[3]

[1] Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск
[2] Новосибирский государственный университет, Новосибирск, DevyatovaAY@ipgg.sbras.ru
[3] Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, sokolovdenis@mail.ru

Аннотация. *В работе представлены результаты исследования снежного покрова в районе отвалов и автотрассы вблизи Горловского антрацитового месторождения. Изучен микроэлементный состав взвешенной и растворенной части снеговых проб, а также содержание пыли. Зафиксировано превышение фоновых значений практически для всех элементов во взвешенной части, а в растворенной для всех кроме Ba, Cr и Zn. В статье показаны различия в микроэлементом составе снегового покрова в районе угольного отвала и вдоль автотрассы. Так же исследовано экранирующее влияние лесополосы на распространение примесей.*
Ключевые слова: *геоэкология, загрязнение окружающей среды, угольные отвалы, снеговой покров, микроэлементный состав.*

Сегодня в России темпы добычи угля увеличиваются с каждым годом, соответственно, возрастают проблемы, связанные с влиянием отвалов на компоненты природной среды на окружающих и удалённых территориях. В этом плане не является исключением и Новосибирская область, на территории которой разрабатывается Горловский антрацитовый бассейн [1]. Активная разработка месторождения влечет за собой ряд экологических проблем. Первая связана с интенсивным ростом площадей техногенных объектов и отчуждением под них естественных высокопродуктивных земель. Вторая определяется свойствами складируемых в отвалы отходов, отличающихся исключительной в ряду других углевмещающих пород спецификой [2], которая проявляется в низкой скорости посттехногенного восстановления нарушенными территориями почвенно-экологических функций [3]. В тоже время формирование техногенных ландшафтов сопровождается загрязнением окружающей среды в регионах разработки угольных месторождений. Во многом это связано с огромными масштабами отходов угледобычи, разнообразным геохимическим составом углей, наиболее опасными примесями которых являются мышьяк, ртуть [4, 5], но и кроме них – широкий спектр токсичных для среды элементов [6–8].

Целью работы стала оценка влияния Горловского антрацитового месторождения (Новосибирская обл.) на состояние снежного покрова прилегающих территорий. Исследование снежного покрова является удобным и экономичным способом получения данных о поступлении загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность. Особый интерес снежный покров представляет при изучении процессов длительного загрязнения (месяц, сезон), поскольку снег, как естественный планшет-накопитель, дает действительную величину сухих и влажных выпадений в холодное время года.

Процесс исследования включал в себя пробоотбор и таяние снега, фильтрование и химико-аналитический анализ как взвешенной, так и растворенной части снегового покрова.

Отбор проб снежного покрова производился вблизи отвала вскрышных пород Горловского антрацитового месторождения и непосредственно на нем. Пробы отбирались в соответствии с направлением преобладающих ветров приземного слоя атмосферы для зимнего сезона (рис. 1), а также вблизи автотрассы: с подветренной, наветренной стороны и за лесополосой, маршруты пробоотбора прокладывались перпендикулярно источнику загрязнения (рис. 1). Согласно метеорологическим данным, в приземном слое атмосферы в период с ноября 2017 года по февраль 2018 года в Искитимском районе Новосибирской области преобладали ветра юго-западного направления, исследованный участок автотрассы проложен перпендикулярно этому направлению и поэтому является весьма показательным для оценки загрязнения (рис. 1).

Отдельно была взята фоновая проба в районе, удаленном от техногенного влияния.

а б

Рис. 1. Роза ветров и схема отбора проб снега: а – вблизи автотрассы; б – вблизи «Нагорного» отвала Горловского антрацитового месторождения

Химический состав снегового покрова определялся поэтапно, вначале снеговые пробы таяли при комнатной температуре, затем они были отфильтрованы. Отдельно анализировался фильтрат методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на квадрупольном спектрометре iCAP в ИНХ СО РАН. Взвешенная часть снегового покрова анализировалась рентгенофлуоресцентным анализом с использованием синхротронного излучения (РФА-СИ) на станции элементного анализа VEPP-3 в ИЯФ СО РАН.

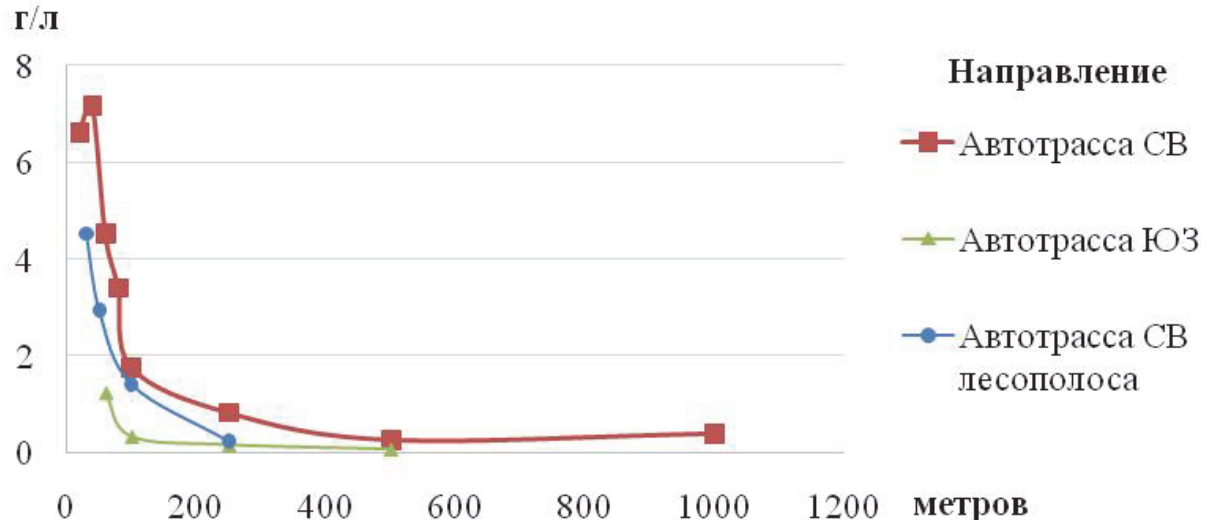


Рис. 2. Распределение взвешенных веществ в объеме талого снега в зависимости от расстояния от объекта

Результаты исследований показали, что содержание пыли в исследуемых пробах снегового покрова варьирует от 0,02 до 7,17 г/л. При этом минимальные значения (0,02 г/л) были отмечены в фоновой точке, а максимальные содержания в точках, отобранных вблизи автотрассы.

В районе автотрассы содержание пыли в снеговом покрове выше фоновых в среднем на два порядка и составляет 2,24 г/л. Была выявлена зависимость снижения концентрации по мере удаления от автотрассы (рис. 2) Максимальные значения содержания взвешенных веществ наблюдаются с подветренной стороны дороги (СВ направление), непосредственно вблизи автотрассы, затем значения резко падают и к 500 метрам приближаются к фоновым значениям. Минимальные содержания обнаружены с наветренной стороны (ЮЗ направле-

ние). В этом направлении по мере удаления от трассы наблюдается постепенное снижение концентрации пыли.

Особый интерес представляют результаты изучения проб, отобранных с подветренной стороны дороги, за лесополосой. Здесь наблюдаются более низкие значения содержания пыли, чем рядом с участком дороги в этом же направлении, но без лесополосы. Эти результаты подтверждают экранирующий эффект защитных лесных насаждений.

Вблизи отвала содержания пыли превышают фон ненамного, средние значения для этого участка составляют 0,08 г/л. Максимальные значения пылевых выпадений наблюдаются на его вершине (0,22 г/л), у подножья в СВ направлении они близки к фону (0,06-0,02 г/л), в северном направлении более высокие (0,19 – 0,13 г/л).

Микроэлементы в растворенной части снегового покрова. Химический состав растворенной части снегового покрова показывает долю компонентов, выбрасываемых и переносимых в виде газо-аэрозольной фазы (размер частиц 0,1–10 мкм). Газо-аэрозольная фаза – это дисперсная система, состоящая из газовой среды, в которой взвешены твердые или жидкие частицы.

По характеру содержаний элементов в растворенной части снегового покрова можно выделить три группы. Первая группа – это макрокомпоненты с содержанием от 0,1 до 30 мг/л, в нее входят самые распространенные катионы в природных водах – щелочные металлы: Ca, Na, K, Mg. При этом следует отметить, что Ca, Na преобладают в растворе с концентрациями от 30 до 1 мг/л, а содержание K, Mg колеблется в промежутке 1–0,1 мг/л.

Вторая группа элементов содержит микроэлементы в диапазоне концентраций от 0,1 до 0,01 мг/л (Ba, Zn, Al, Sr). И последняя, третья, группа микроэлементов – Cr, Li, V, Co, Cd с концентрациями от 0,01 до 0,0001 мг/л. Эти две группы элементов относятся к микрокомпонентам: они менее распространены как в земной коре, так и в поверхностных водах.

Концентрации практически всех элементов, кроме Ba, Cr и Zn превышают фоновые значения (рис. 3). Причем в районе отвала концентрации элементов превышают фон незначительно, порядок значений примерно одинаковый. В районе автотрассы наблюдаются значительные превышения фона, более чем на порядок. Также по мере удаления от автотрассы можно проследить закономерности распространения химических элементов в зависимости от направления ветра и лесополосы. Особенно хорошо эти закономерности прослеживаются для щелочных металлов – Ca, Na, Sr (рис. 4). Их максимальные концентрации наблюдаются непосредственно вблизи дороги (первые 50 м) и резко падают уже к 100 м. На расстоянии 500 м от автотрассы, содержание элементов уже приближается к фоновому или совпадает с фоном.

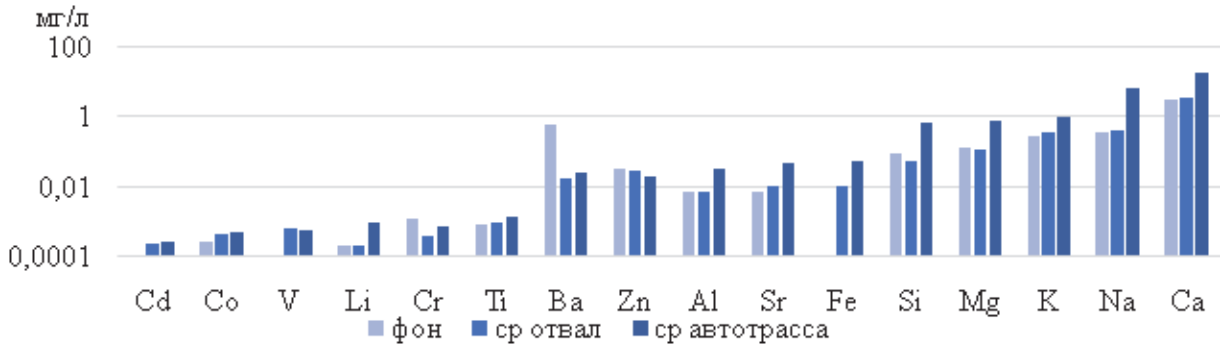


Рис. 3. Сравнение усредненных значений концентраций элементов в растворенной части снега в районе отвала и автотрассы с фоновыми значениями

С подветренной стороны концентрации для всех проанализированных элементов выше, чем с наветренной, что еще раз подтверждает влияние направления господствующих ветров на распространение примесей. Результаты анализа проб, отобранных за лесополосой, подтверждают ее экранирующий эффект. Здесь значения содержания элементов в растворенной

части снегового покрова заметно ниже, чем с подветренной стороны, что говорит влиянии лесополосы на передвижение воздуха, затруднение переноса и распространения элементов в газо-аэрозольной фазе.

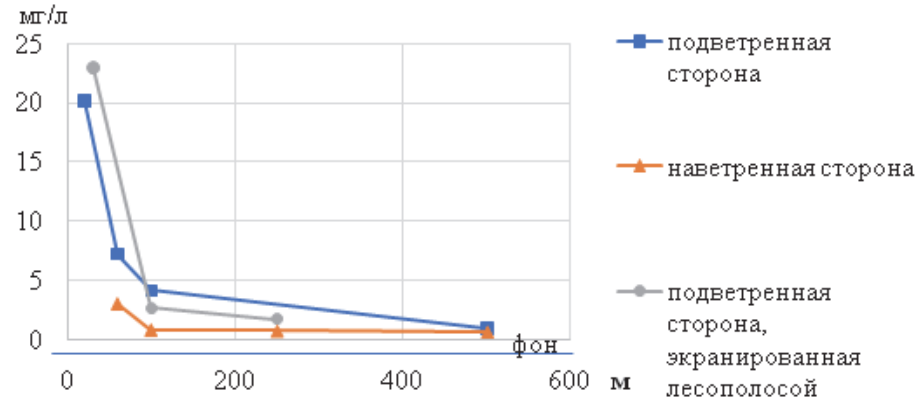


Рис. 4. Распределение щелочных металлов в растворенной части снега в зависимости от удаления от автотрассы

Микроэлементный состав взвешенной части. Химический состав взвешенной части снегового покрова показывает долю компонентов выбрасываемых в атмосферу и переносимых в основном в виде пыли с размером частиц 10–100 мкм. Это мелкие твёрдые частицы органического или минерального происхождения.

Распределение химических элементов во взвешенной части снегового покрова позволяет выделить четыре группы элементов. Первая группа – это макрокомпоненты с содержанием от 1 до 3,5% (от 1000 до 35000 г/т), в нее входят одни из самых распространенных элементов в земной коре: Ca, Fe, K, Ti.

Элементы во второй группе имеют примерный порядок концентраций от 40 до 1000 г/т. В эту группу входят достаточно подвижные металлы: Mn, Zr, Zn, Sr, Pb, Rb. В третью группу элементов входят не только металлы, но и анионогены с концентрациями от 1 до 40 г/т (Sn, As, Sb, Cr, Mo, Cu, Ni, Th, Te, Ga, Y, I, Br).

Самые низкие концентрации у элементов 4 группы, они составляют примерно 1 г/т и ниже, в нее входят примесные элементы углей U, Ge, Se и редкие металлы Ag, Cd (рис. 5).

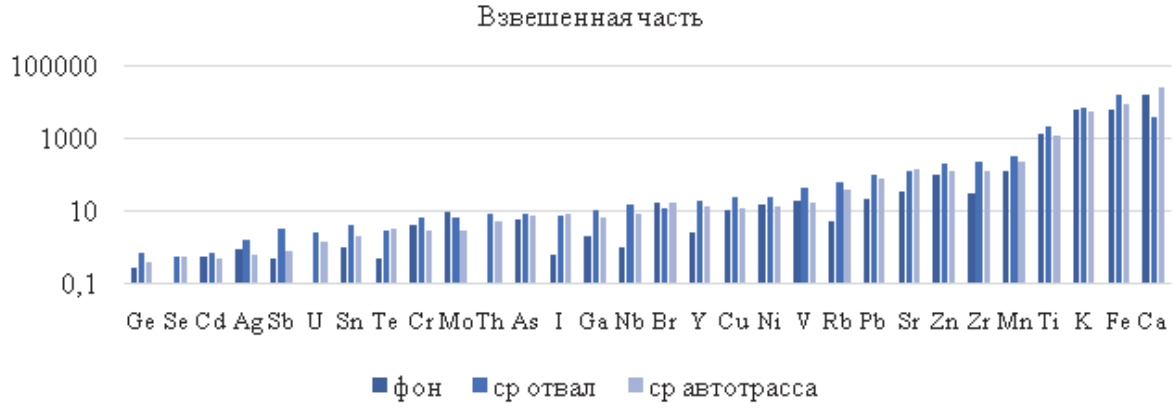


Рис. 5. Сравнение усредненных значений концентраций элементов во взвешенной части снега в районе отвала и автотрассы с фоновыми значениями

Для взвешенной части снегового покрова концентрации всех элементов, кроме Mo превышают фоновые значения (рис. 5). И если в растворенной части значительные превышения фона наблюдались в районе автотрассы, то во взвешенной части снеговых проб из этого района фон превышается ненамного. В районе отвала прослеживается повышенное содержание второй, третьей и четвертой групп элементов (с содержаниями от 1000 до 1 г/т) причем, как

по сравнению с фоном, так и с автотрассой. Исключения составляют анионогены (Br, I), концентрации которых выше в районе автотрассы. Таким образом, можно сделать вывод о влиянии отвалов на близлежащие территории.

Закономерности распространения химических элементов по мере удаления от автотрассы во взвешенной части прослеживаются не для всех элементов. На рисунке 6 показано распределение Ca, имеющего максимальные концентрации в исследуемых пробах и являющегося макрокомпонентом. По мере удаления от автотрассы, содержания Ca уменьшаются до фоновых значений и ниже. С подветренной стороны дороги концентрации Ca почти в 2 раза выше, чем с наветренной. Однако, как видно из рисунка 6, влияние лесополосы для пылевых частиц оказывается менее значительным, чем для газо-аэрозольной фазы, и экранирующий эффект лесополосы присутствует, но не так ярко.

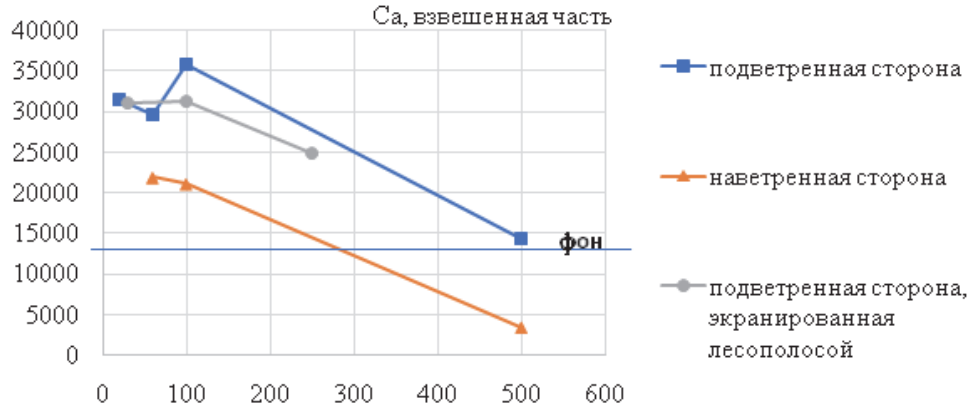


Рис. 6. Распределение Ca во взвешенной части снега в зависимости от удаления от автотрассы

Миграционная способность элементов. Для оценки миграционной способности элементов в системе *растворенная/взвешенная часть снегового покрова* были использованы коэффициенты распределения $К_{распр} = lg(Me_{тв}/Me_{вода})$, где $Me_{тв}$ это концентрации элементов во взвешенной части снегового покрова, а $Me_{вода}$ – это концентрации элементов в растворенной части снегового покрова. $К_{распр}$ – это безразмерная величина, чем ниже $К_{распр}$ тем мобильнее элемент в системе [9]. Коэффициенты распределения были рассчитаны для точек отбора возле автотрассы и отвала; их сравнение показывает, что в районе автотрассы элементы находятся в более подвижной форме. Так же можно выделить две группы элементов: подвижные и инертные. Подвижные элементы – это элементы с $К_{распр}$ до 10, в эту группу входят Ca, Cu, Cr, Sr, K. Инертные элементы – это элементы с $К_{распр}$ более 10 (V, Fe, Ti).

Для каждого из объектов были построены ряды подвижности:

Отвал Ca> Cu> Cr> Zn> Pb> Sr> K> V> Fe> Ti

Автотрасса Ca> Cu> Sr> Cr> K> Zn> Ni> V> Fe> Ti

В целом, ряды, построенные для этих двух объектов довольно схожи и хорошо согласуются с химическими свойствами элементов.

Выводы:

1. Минимальное содержание пыли в исследованных пробах снега зафиксировано в фоновой точке. Среднее содержание пыли в точках вблизи отвала превышает фон, но того же порядка. Это может быть связано с уплотнением отвала в процессе его формирования и уменьшением попадания в атмосферу пыли. В то же время максимальное содержание пыли зарегистрировано вблизи автотрассы, что свидетельствует о наиболее активном переносе ветрами взвешенных в атмосфере твердых частиц.

2. Концентрации практически всех элементов в растворенной части снегового покрова, кроме Ba, Cr и Zn, превышают фоновые значения, причем в районе отвала концентрации элементов немного превышают фон, порядок значений примерно одинаковый. В районе автотрассы наблюдаются значительные превышения фона, более чем на порядок, что свидетельствует о влиянии газо-аэрозольной фазы в атмосфере.

3. Для взвешенной части снегового покрова концентрации всех элементов, кроме Mo превышают фоновые значения. Более высокие значения концентраций микроэлементов по сравнению с фоном обнаружены в пробах, отобранных в районе отвала. Это свидетельствует о принципиально отличающейся от фоновой, более геохимически активной природе пыли, попадающей в снег неподалеку от отвала.

4. Результаты анализа проб, отобранных за лесополосой, подтверждают ее экранирующий эффект. Здесь содержание пыли и микроэлементов ниже, чем с подветренной стороны, не защищенной лесополосой.

5. Были построены следующие ряды подвижности микроэлементов: для отвала Ca> Cu> Cr> Zn> Pb> Sr> K> V> Fe> Ti; для автотрассы Ca> Cu> Sr> Cr> K> Zn> Ni> V> Fe> Ti.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-04-00836 а).

Литература

1. Государственный доклад о состоянии окружающей среды в Новосибирской области, 2016.

2. Авдеев А.П., Череповский В.Ф., Шаров Г.Н., Юзвицкий А.З. Угольная база России. Т. 2: Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири. М.: Геоинформцентр, 2003. 604 с.

3. Госсен И.Н., Кулижский С.П., Данилова Е.Б., Соколов Д.А. Бонитировочный подход к оценке почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Сибири (на примере отвалов антрацитовых, каменно- и буроугольных месторождений) // Вестник НГАУ. 2016. № 2 (39). С. 71–81.

4. Yudovich, Ya.E., Ketris, M.P. Mercury in coal: a review, Part 1. Geochemistry. International Journal of Coal Geology . 2005, 62, 107–134.

5. Dai S.F., Ren D.Y., Chou C.-L., Finkelman R.B., Seredin V.V. and Zhou Y.P., 2012. Geochemistry of trace elements in Chinese coals: A review of abundances, genetic types, impacts on human health, and industrial utilization. International Journal of Coal Geology 94, 3-21.

6. Ren D., Zhao F., Dai S., Zhang J. and Luo K., 2006. Geochemistry of Trace Elements in Coal, Science Press, Beijing. 556pp. (in Chinese with English abstract). 16. X. Bai, W. Li, Y. Chen, Y. Jiang, Coal Quality Technology 1, 1-4 (2007). (in Chinese with English abstract).

7. Spears D.A. and Zheng Y., 1999. Geochemistry and origin of elements in some UK coals. International Journal of Coal Geology 38, 161–179.

8. Tang X. and Huang W., 2004. Trace Elements in Chinese coals. The Commercial Press, Beijing, pp. 6-11. (in Chinese)

9. Tessier A., Cardigan R., Dubreul B., Rapin F. Portioning of zinc between the water column and the oxic sediments in lakes// Geochim. Cosmochim. Acta. 1989. N. 3. P. 1511–1522.

ASSESSMENT OF INFLUENCE OF THE GORLOVSKY ANNHRACITIC FIELD (NOVOSIBIRSK REGION) ON A CONDITION OF SNOW COVER OF ADJACENT TERRITORIES

A.Yu. Devyatova[1, 2], D.A. Sokolov[3], I.N. Gossen[3], N.A. Sokolova[3]

[1] Institute of oil and gas geology and geophysics SB RAS, Novosibirsk,
[2] Novosibirsk state university, DevyatovaAY@ipgg.sbras.ru
[2] Institute of soil science and agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, sokolovdenis@mail.ru

Summary. *In work results of a research of snow cover around dumps and a highway near the Gorlovsky anthracite field are presented. The microelement composition of the suspended and dissolved part of snow and content of dust are studied. Excess of background values practically for all elements in the suspended part, and in dissolved (exception for Ba, Cr and Zn) was recorded. Distinctions in a microelement composition of a snow cover around a coal dump and near a highway are shown in article. The shielding influence of a forest belt on distribution of impurity was also investigated.*

Keywords: *geoecology, environmental pollution, coal dumps, snow cover, microelement composition.*

УДК 502.654 : 631.618

ОСВОЕНИЕ НЕДР СИБИРИ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Л.П. Капелькина[1], А.А. Качубей[2]

[1] Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург, kapelkina@mail.ru
[2] ОАО «Сургутнефтегаз», Сургут, kachubey_aa@mail.ru

Аннотация. *Освоение недр Сибири сопровождается увеличением негативного влияния на природную среду, обусловливает потерю почвенных ресурсов и рост площади нарушенных земель. В зависимости от природно-климатических и экологических условий, потребности региона в площадях того или иного назначения, характера нарушений земной поверхности и других факторов обосновывается выбор целесообразных направлений рекультивации на разрабатываемых месторождениях. Правильный выбор направления рекультивации – основа рационального использования земель.*
Ключевые слова: *нарушенные земли, выбор направлений рекультивации, разработка месторождений, полезные ископаемые, рациональное землепользование.*

«Богатства России будут прирастать Сибирью». Эта фраза, высказанная более двух с половиной веков назад великим русским ученым, первым академиком Российской академии наук Михаилом Васильевичем Ломоносовым как нельзя лучше характеризует значимость региона в национальной экономике страны.

В недрах Сибири сосредоточены большие запасы разнообразных полезных ископаемых. Это прежде всего месторождения углеводородного сырья: газ Ямала, нефть таежной зоны Западной и Восточной Сибири, угольные месторождения более южных районов. Освоение недр и разработка месторождений в регионе обусловливают нарушение земель. На территории Сибири разрабатываются месторождения рудного и россыпного золота, цветных металлов, добываются алмазы в Якутии и другие полезные ископаемые. Земли, нарушенные при разработке месторождений, добыче, переработке, транспортировке полезных ископаемых и сопутствующих работах представлены отвалами вскрышных пород, хвостохранилищами и отстойниками, дражными отвалами, шлакоотвалами, амбарами, карьерами, образовавшимися в результате добычи рудного и нерудного сырья. Нарушения поверхности и почвенного покрова возникают также при проведении геологоразведочных и изыскательских работ, торфоразработках, добыче нефти и газа, строительстве линейных сооружений: трубопроводов, шоссейных дорог, линий электропередач. Земли нарушаются при строительстве и эксплуатации объектов энергетики: электростанций, золоотвалов, ТЭЦ, ГРЭС. Подземные горные работы сопровождаются возникновением на поверхности провалов, просадок, мульд оседания. Жизнедеятельностью городов и поселков обусловлено появление полигонов и свалок твердых бытовых отходов. Широкое распространение имеют карьеры по добыче общераспространенных полезных ископаемых. В особую группу следует отнести земли с различной степенью загрязнения, деградированные под влиянием выбросов металлургических и химических предприятий, разливов нефти, ГСМ. Эти земли официально не входят в категорию нарушенных, но по существу с хозяйственной точки зрения являются полностью или частично утратившими своё естественное плодородие. Масштабность нарушений земель определяет актуальность работ по рекультивации, поскольку их восстановление позволяет возвращать нарушенные земли в продукционный процесс. Эти работы предусмотрены Лесным, Земельным и Водным кодексами РФ, Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

Рекультивация земель как комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народно-хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды, осуществляется в различных направлениях: сельскохозяйственном, лесохозяйственном, водохозяйственном, рекреационном, строительном, санитарно-гигиеническом (природоохранном). Правильно выбранное направление рекультивации является основой рационального использования земель и должно осуществляться на основе учета

различных факторов и условий. При выборе направления рекультивации должны анализироваться природные, социально-экономические, экологические и хозяйственные условия. Учитываются перспективы развития района, потребность региона в площадях того или иного назначения, сложившийся рельеф территории и параметры отвалов, наличие снятого и заскладированного плодородного слоя почвы (ПСП) и потенциально-плодородных пород (ППП), ожидаемые затраты на восстановление земель и эффективность капиталовложений, а также сроки существования рекультивированных земель, возможность повторных нарушений в связи с вторичной переработкой отходов и вероятность использования этих территорий для других целей. Учитывается также расположение нарушенных земель относительно населенных пунктов, транспортных коммуникаций, прилегающих сельскохозяйственных и лесных угодий. Анализируется экологическая обстановка в районе проведения работ – наличие атмосферного загрязнения, пыления отвалов, проявление водной эрозии на откосах и т.д. Важное значение имеет состав и свойства пород, вынесенных на дневную поверхность, их пригодность для биологической рекультивации, наличие токсичных химических элементов в породах и почвах, их способность мигрировать в растениеводческую продукцию при сельскохозяйственном направлении рекультивации. Определяются такие показатели как pH, засоленность, прогноз изменения свойств пород во времени в связи с развитием в поверхностном слое окислительных процессов, вымывания солей и соединений. Учитывается каменистость пород, скорость их выветривания, процентное содержание мелкоземистых фракций.

Интенсивное освоение территорий на Севере Сибири под объекты газодобычи сопровождается исключением земель из традиционного природопользования, снижением ресурсного потенциала территорий, обеднением источников промысла. Ежегодно для обустройства месторождений, проведения геологоразведочных и буровых работ, строительства трубопроводов, дорог, разработку карьеров и т.п. отводятся во временное и постоянное пользование большие площади земель, преимущественно сельскохозяйственного назначения, используемых в качестве оленьих пастбищ. Здесь, в местах проживания коренных народов Севера возникают проблемы обеспечения нормальной жизнедеятельности местного населения, сохранения этнической самостоятельности и традиционного природопользования, важное значение приобретает социальный фактор. Коренное население Севера лишается возможности заниматься традиционными промыслами: оленеводством, охотой, рыбной ловлей. Значительная часть коренного населения ведет кочевой образ жизни и до сих пор проживает в чумах. Отрицательное влияние работ по разведке и добыче газа не ограничивается изъятием земель из традиционного природопользования, потерей оленьих пастбищ. На искусственно отсыпанных площадках и прилегающих территориях имеют место эрозионные процессы, возможно нарушение режима многолетнемерзлых пород и обусловленные этим протайки, термокарстовые процессы, оврагообразование. Кроме того, возможны случаи аварийных разливов буровых сточных вод, нефти, дизельного топлива, горюче-смазочных материалов. Поэтому осуществление рекультивационных работ в этом регионе должно быть направлено на восстановление продуктивности нарушенных земель, воссоздание оленьих пастбищ, что является основой сохранения прежнего уклада жизни коренных народов Севера и хозяйственной отрасли «оленеводство». Основным способом восстановления растительного покрова на нарушенных землях Севера является засев участков наиболее адаптированными к местным условиям видами растений.

Значительные запасы разрабатываемых в Сибири месторождений нефти приурочены к избыточно увлажненным землям. Болота Западной Сибири уникальны по своей обводненности, обширны по занимаемой площади и отличаются от болот Европейской части страны. Традиционные методы рекультивации и такие технологические приемы как гидротехнические мелиорации (осушение), применение извести, удобрений и т.д. в условиях заболоченных территорий Сибири являются высоко затратными, и в большинстве случаев неоправданными с экологической и хозяйственной точек зрения, не дают ожидаемого эффекта. Объекты, подлежащие рекультивации, обычно располагаются в отдаленных, труднодоступных районах на искусственно намытых и насыпных территориях.

Преобладающими типами почв являются торфяно-болотные с различной мощностью торфа и подзолистые, сформированные на песках, как правило, мелкозернистых и пылеватых, характеризующихся низкой продуктивностью. Неблагоприятный тепловой режим определяет низкую активность процессов трансформации органических веществ в торфе, в результате чего торфяно-болотные почвы имеют низкую величину степени разложения, зольности и объемного веса торфа. Химический состав почв характеризуется кислой реакцией, повышенным фоновым содержанием углеводородов, высокой миграционной способностью железа, марганца, органических и минеральных коллоидов, дефицитом элементов минерального питания растений. Торфяно-болотные олиготрофные почвы, весьма характерные для данного региона, по содержанию питательных элементов и их общим запасам относятся к наиболее бедным.

Началу освоения и обустройства нефтяных месторождений, расположенных на заболоченных территориях Западной Сибири предшествует намыв песчаных грунтов из болотных озерков в огромный штабель, по форме напоминающий усеченный конус. После стекания воды осуществляется вывоз грунта под сооружаемые объекты: дороги, буровые площадки, промышленные зоны. Мощность (толщина) отсыпанного песком слоя в зависимости от влажности подстилающих торфов составляет от 0,5 до 1,5, иногда до 2 метров. Без проведения этих подготовительных работ освоение заболоченных территорий практически невозможно из-за низкой несущей способности торфов. В последующем, при миновании надобности в производственных объектах, должна осуществляться рекультивация нарушенных земель.

Объектами рекультивации земель, нарушенных при обустройстве нефтяных месторождений Западной Сибири, являются обширные песчаные арены, образующиеся при расформировании штабелей песка, намытых гидромеханизированным способом, кустовые буровые площадки, карьеры по добыче общераспространенных полезных ископаемых (песка), формирующиеся при их разработке экскаваторным способом (сухоройные). Подлежат рекультивации линейные нарушения поверхности, образующиеся при строительстве трубопроводов, линий электропередач и связи; нарушения, возникшие при геологоразведочных, изыскательских работах и торфоразработках; откосы насыпных промысловых дорог, территории временных поселков и промышленных баз и т.д. Объекты отличаются по местонахождению (суходолы, болотные участки, поймы рек), форме (площадные и линейные), площади (от нарушений в несколько десятков квадратных метров до десятков гектаров), типам нарушенных почв (подзолистые, торфяно-болотные), возрасту (времени, прошедшем после нарушения), географической зоне и характеру нарушений. Неблагоприятные для произрастания растений условия, обусловленные свойствами насыпных песков (низкая влагоемкость и запасы влаги в корнеобитаемом слое, отсутствие органического вещества и соединений азота, значительная подверженность ветровой и водной эрозии) являются факторами, сдерживающими самозарастание насыпей и обусловливают сложность проведения восстановительных работ. Отсутствие адаптированных к болотным условиям семян растений, физиологические особенности местных болотных видов растений и особенности нарушений, вызванных обустройством и эксплуатацией месторождений во многих случаях определяют непригодность традиционных способов рекультивации. Наиболее распространенный метод восстановления нарушенных земель, заключающийся в предварительном снятии с нарушаемых участков плодородного слоя почвы и последующем нанесении его на рекультивируемую поверхность, не подходит для восстановления болотных ландшафтов. Для обустройства месторождений и проведения добычных работ на территории Западной Сибири отводятся преимущественно земли лесного фонда.

Выбор направления и разработка мероприятий по рекультивации осуществляется на основе действующих экологических, лесохозяйственных, водохозяйственных нормативов и стандартов с учётом региональных природно-климатических условий, местоположения нарушенного участка. Учитывая, что большая часть нарушенных здесь территорий является землями лесного фонда, следует руководствоваться ст. 43, 62 Лесного кодекса РФ, Лесными планами округов и лесохозяйственными регламентами. Значительная заболоченность терри-

тории, отнесение, в соответствии со ст. 5 Водного кодекса РФ болот к водным объектам, обуславливает необходимость руководствоваться п. 2 ст. 52 Водного кодекса РФ от 03.06.2006 (ФЗ № 7), где установлено требование по рекультивации после использования болота или его части преимущественно путем обводнения и искусственного заболачивания.

Максимальный эффект от вовлечения нарушенных участков в сельскохозяйственное производство следует ожидать в районах с благоприятным климатом, в местах с высоким уровнем естественного плодородия почв. Сельскохозяйственное направление рекультивации нарушенных земель должно быть приоритетным при нахождении объектов рекультивации в лесостепной и степной зонах. Осуществление сельскохозяйственного направления рекультивации земель, как правило, требует наличия предварительно снятого и заскладированного плодородного слоя почвы (ПСП), относительно плоского рельефа (уклоны на пашне не должны превышать 2–3 градусов). При недостаточном количестве ПСП и больших уклонах целесообразна организация пастбищ и сенокосов, вводятся мелиоративные севообороты, направленные на повышение плодородия почв. Факторами, исключающими или ограничивающими сельскохозяйственное направление рекультивации, является нахождение нарушенных земель в зоне сильного атмосферного загрязнения, наличие в породах и почвах опасных для здоровья загрязняющих веществ, в частности тяжелых металлов, способных мигрировать в растения, употребляемые в пищу и на корм скоту.

Лесохозяйственное направление является приоритетным в лесной зоне. В других зональных условиях оно применимо при осуществлении рекультивации земель на территориях со сложным пересеченным рельефом, закреплении откосов отвалов, защите их от эрозионных процессов, а также отсутствии или незначительных запасах плодородных и потенциально плодородных пород. Требования к выбору и проведению лесохозяйственного направления рекультивации в санитарно-гигиеническом аспекте менее жесткие, менее существенны и затраты на проведение рекультивационных работ. Допустимо осваивать под лесные насаждения отвалы с повышенным содержанием тяжелых металлов. На нарушенных землях, в зависимости от сложившихся условий, могут создаваться насаждения эксплуатационного, защитного и рекреационного назначения: пригородные парки и лесопарки, загородные зоны отдыха. Важным критерием является создание на техническом этапе рекультивационного слоя с благоприятными для произрастания древесных растений свойствами. Мощность рекультивационного слоя устанавливается в зависимости от природных условий, вида высаживаемых древесных и кустарниковых пород, глубины проникновения корневых систем растений, состава и свойств горных пород, вынесенных на дневную поверхность, характера водного режима и других показателей. В большинстве случаев лесовосстановление осуществляется на основе тщательного изучения свойств горных пород, подбора ассортимента растений и проведения экспериментальных работ.

При создании на нарушенных землях вблизи городов и посёлков объектов рекреационного назначения наряду с использованием лесопосадочного материала из лесных питомников в ассортимент высаживаемых растений целесообразно включать декоративные растения – деревья и кустарники, выращиваемые в садово-парковых питомниках, высаживая растения на особо ответственных местах. Эти растения должны обеспечивать создание декоративного эффекта и повышение эстетической ценности формируемого ландшафта. В зависимости от рельефа территории, площади участка, каменистости пород создание лесозащитных и эксплуатационных лесонасаждений возможно, как механизированным (с применением лесопосадочных машин), так и ручным способом.

Следует отметить, что преимущественный спрос на древесину хвойных пород, обусловливает ориентацию лесных питомников на выращивание посадочного материала преимущественно хвойных пород, в то время как при проведении работ по лесной рекультивации в условиях атмосферного загрязнения целесообразно использовать более устойчивые к загрязнению лиственные породы.

Водохозяйственное направление рекультивации предусматривает организацию водоемов в понижениях техногенного рельефа. Осуществление этого направления целесообразно при

близком уровне грунтовых вод. Устройство водоемов возможно в остаточных траншеях, образующихся при бестранспортной системе разработки месторождений, в карьерах по добыче общераспространенных полезных ископаемых: песка, глин, торфа, песчано-гравийной смеси. Возможность организации проточности водоема повышает целесообразность рекреационного направления его использования. При этом предъявляются особые требования к выравниванию, благоустройству и озеленению откосов и береговой полосы. Важно предотвратить появление оползней бортов, проявление эрозионных процессов. Вода в водоеме должна отвечать санитарно-гигиеническим требованиям. Использование для разработки полезных ископаемых средств гидромеханизации позволяет сформировать водоемы с заданными параметрами по глубине и рельефу дна, что имеет особое значение при рекреационном использовании водоемов.

Санитарно-гигиеническое направление целесообразно во всех климатических зонах и предусматривает биологическую или техническую консервацию нарушенных земель, оказывающих отрицательное влияние на окружающую среду. Рекультивация этих земель для целевого использования на данном этапе экономически не эффективна или небезопасна в экологическом аспекте. Это направление является приоритетным при рекультивации свалок и полигонов отходов, хвостохранилищ и шламоотстойников, содержащих тяжелые металлы в концентрациях выше предельно допустимых значений, пылящих отвалов и земель, расположенных в районах Крайнего Севера. Основная цель санитарно-гигиенического направления рекультивации – снижение отрицательного влияния нарушенных земель на окружающую среду наиболее доступными и экономичными средствами.

Выбор направления рекультивации является важным критерием, определяющим эффективность нарушенных земель, а комплексный учет всех факторов и условий при её проведении является залогом успешности рекультивационных работ в каждом конкретном регионе.

THE DEVELOPMENT OF THE SIBERIAN MINERAL RESOURCES AND RECULTIVATION OF DISTURBED LANDS

L.P. Kapelkina[1], A.A. Kachubey [2]

[1] Saint-Petersburg Research Centre of Ecological Safety of Russian Academy of Sciences,
St. Petersburg, kapelkina@mail.ru
[2] OJSC «Surgutneftegas», Surgut, kachubey_aa@mail.ru

Summary. *The development of Siberian subsoil is accompanied by an increase in the negative impact on the natural environment, causes the loss of soil resources and the growth of the area of disturbed lands. Depending on the climatic and environmental conditions, the needs of the region in areas of one or another purpose, the nature of violations of the earth's surface and other factors, the choice of appropriate areas of reclamation in the fields under development. The right choice of the direction of reclamation is the basis for the rational use of land.*

Keywords: *disturbed lands, choice of reclamation directions, development of deposits, minerals. sustainable land management.*

УДК 631.618

ВЛИЯНИЕ СЫРОЙ НЕФТИ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ВЕЧНОЗЕЛЁННЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Т.Б. Кахраманова

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, Азербайджан, Баку, tkaxramanova@bk.ru

Аннотация. *Целью вегетационных опытов было выявление влияния степени загрязнения сырой нефтью на рост и развитие парковых культур (на примере Эльдарской сосны и вечнозелёного кипариса) на супесчаной и суглинистой серо-бурой почве. Фиторемедиация, как любой подход к восстановлению загрязнённых земель имеет свои ограничения. При этом следует учитывать механический состав почв, степень и глубину загрязнения почвы поллютантами.*

Ключевые слова: *нефтезагрязнение, фиторемедиация, поллютанты, парковые культуры, загрязнённые почвы, озеленители.*

Актуальность. Одним из главных приоритетных направлений в области охраны окружающей среды и рационального природопользования является разработка и внедрение усовершенствованных технологий, возрождения природы методом биоремедиации загрязненных пахотных земель, болот, лесных угодий и т.д. Известные, и к сожалению используемые еще способы ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов на почвы проводятся такими приемами и способами как сжигание нефти, засыпки загрязненных участков грунтом, вывоз загрязненной почвы в отвалы и внесение в почву микро-деструкторов, действия которых на биоценоз в настоящее время не исследованы, что приводит к необратимому уничтожению плодородного слоя почвы. Такие способы очистки и ”рекультивации” не отвечают современным требованиям экологической безопасности и совершенно неприемлемы.

Проведенные многолетние научно-иследовательские работы показали, что при нефтяном загрязнении тесно взаимодействуют три группы экологических факторов:

1) уникальная многокомпонентность состава нефти ,находящегося в процессе постоянного изменения;

2) гетерогенность состава и структуры любой экосистемы, находятся в процессе постоянного развития;

3) многообразие и изменчивость внешних факторов, под воздействием которых находится экосистема: температура, давление, влажность, состояние атмосферы, гидросферы и т.д.

Вполне очевидно, что оценивать последствия загрязнения экосистемы нефтью и намечать пути ликвидации этих последствий необходимо с учетом конкретного сочетания этих групп факторов.

При освоении, обустройстве и эксплуатации месторождений нефти и газа в значительной мере изменяется природный ландшафт и идет интенсивное загрязнение земель.

Почвенный покров-основной элемент ландшафта-первым принимает на себя «экологический удар». В связи с механическим нарушением и нередко химическим загрязнением происходит постепенная деградация почв, которая стала одной из основных экологических проблем нефтегазового комплекса.

Нефть, попадая в почвувызывает значительные, порой необратимые изменения еесвойствобразование битуминозных солончаков,гудронизацию,цементацию и т.д. Эти изменения влекут за собой ухудшение состояния растительности и биопродуктивности земель. В результате нарушения почвенного покрова и растительности усиливаются нежелательные природные процессы-эрозия почв, дегредация, криогенез.

Проблема деградации почв требует от компетентных отраслевых служб принятия незамедлительных мер,поскольку с почвами связана биологическая продуктивность всего ландшафта.

Процесс естественного фракционирования и разложения нефти начинается с момента ее поступления на поверхность почв. Выделяются три наиболее общих этапа трансформации нефти в почвах:

1) физико-химическое и частично микробиологическое разложение алифатических углеводородов;

2) микробиологическое разрушение главным образом низкомолекулярных структур разных классов, новообразование смолистых веществ;

3) трансформация высокомолекулярных соединений; смол, асфальтенов, полициклических углеводородов.

Длительность всего процесса трансформации нефти в разных почвенно-климатических зонах различна: от нескольких месяцев до нескольких десятков лет.

При очистке засоленныхнефтезагрязненных почв необходимо учитывать специфику природных условий, которые влияют на эффективность проведения восстановительных мероприятий. Аридный климат территории, сильные ветры, засоление почв, высокая минерализация грунтовых и поверхностных вод. В связи с этим актуальна разработка методов освоения нефтезагрязненных почв после окончания их эксплуатации НГДУ [1].

Полностью устойчивых к загрязнению видов растений нет. Существует лишь некоторый порог чуствительности растений к определенным концентрациям поллютанта, при которых физиологические изменения не приводят к их гибели.

Объекты и методы исследования. Выбранные нами культуры-Эльдарскка сосна и вечнозелёный кипарис, широко используются в озеленение городов.

В Азербайджане распространён реликтовый эндемик – Эльдарская сосна (Pinusbedarica). Выдерживает жару до 40°. Ростом достигает 20 м, в диаметре до 40 см. Цветет в апреле-мае. Оплодотворенные шишки растрескиваясь разбрасывают семена во все стороны.

Вечнозелёный кипарис Cupressus sempervirenas достигает 30 м высоты. Крона плотная, пирамидальная, весьма декоративная, растения в основном однодомные. Кипарис к почве не требователен, хорошо переносит засухи и затененность, поэтому широко используется в качестве озеленителя городов и сел [2].

Цель работы заключается в выявлении более стойких парковых культур, к имеющимся почвенно-климатическим условиям.

Полевые вегетационные опыты были заложены на супесчаной и суглинистой серо-бурой почвах. Сырая нефть плотностью 0,8775г/см^3 была взята на территории НГДУ, где заложены опыты [3]. Сырую нефть смешивали с чистой почвой для получения 1–4% загрязнения и засыпали в полиэтиленовые мешки, помещенные в ямы размером 40×40×60см, для изоляции от прилегающей сильно засоленной территории. Были высажены саженцы-одногодки Эльдарской сосны и кипариса.

В начале вегетационного периода и в августе под деревья была внесена селитра 30 гр. В течение вегетационного периода проводился систематический полив растений и замер их роста.

В результате фенологических наблюдений в течение первого года не прежились саженцы Эльдарской сосны в вариантах 3–4% загрязнения.

В контрольном варианте сосна прибавила в росте на 22 см.

В варианте с кипарисом все растения развивались хорошо. В контрольном варианте кипарис вырос на 72 см, в варианте 3–4% загрязнения на 11–20 см соответсвенно.

В последующий год, саженцы Эльдарской сосны засохли и в вариантах 1-2% загрязнения, на саженцах кипариса наблюдался рост основного ствола и боковых веток, а также в контрольном варианте и при загрязнении 1% – появились 2–4 шишечки соответственно (таблица).

Рост и развитие вечнозелённого кипариса на суглинистой серо-бурой почве

№	Варианты опытов	Рост растений при посадке	2015 г. 29.09	2016 г. 28.09	2017 г. 28.09	Количество веток
1	К-чист. почва	38	114	119	120 см 2 шишки	35
2	1%-загр. сырой нефтью почва	57	98	101	103 см 4 шишки	33
3	2%загр. сырой нефтью почва	48	71	73	75	17
4	3%загр. сырой нефтью почва	59	70	72	79	16
5	4%загр. сырой нефтью почва	39	48	49	50	16

Выводы. Слабое развитие и высыхание Эльдарской сосны можно объяснить тем, что в результате поливов растений, к первоначальной чистой почве, примешалась засоленная почва прилегающей территории, в результате чего произошло засоление с 1,275 до 2,300% по плотному остатку.

В зависимости от вида растений, некоторые из них (кипарис вечнозелённый), при соответствующих агротехнических приёмах могут расти и развиваться при загрязнении сырой нефтью 1–4%.

Литература

1. Гасанов К.С., Абдуллаев Ф.З., Исмаилов М., Ахмедов В.А. Исследование экологической обстановки в нефтедобывающих территориях, градация загрязнения и диагностика нефтезагрязненных-почвогрунтов // Kimya problemləri. 2009. № 1. С. 13–26.

2. Курбанов Е. Систематика высших растений. На аз.яз. Баку, 2009.

3. Ашумов Т.Г.,Азербайджанские нефти. Баку, 1962. 553 с.

IMPACT OF THE CRUDE OIL ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE EVERGREEN TREES

T.B. Gahramanova

Institute of Soil Science and Agrochemistry of ANAS, Baku

Summary. *An aim of the vegetative experiments was a reveal of the impact of the crude oil-polluted degree on growth and development of the park cultures (for.ex. Eldar pine and evergreen cypress) in the sandy and loamy grey-brown soil.Phytoremedation, as any approach the polluted land restoration prossesses its limitation. Therefore it is necessary to take into account mechanical structure of soils, degree and depth of the soils contaminated with pollutants.*

Key words: *Oil-polluted, phytoremedation, pollutants, park cultures, contaminated soils, landscapers.*

УДК 631.618

ТОКСИЧНОСТЬ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

А.Г. Кулиев, Ч.Т. Бахшиева

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, Азербайджан, Баку, elovset_q@mail.ru

Аннотация. *Статья посвящена многолетним исследованиям, провидимым на нефтезагрязненных почвах Апшеронского полуострова (Бинагадинский, Хазарский, Карадагский районы). Исследованиями установлено, что деградация нефти в почве происходит очень медленно и в целом зависит от соотношения тепла и влаги на данной территории. Изучена устойчивость некоторых древесных культур к нефтяному загрязнению.*
Ключевые слова: *нефтезагрязнение, рекультивация, степень загрязнения, нефтепродукты, выживаемость, биологический метод.*

Введение. Одним из главных и приоритетных направлений в области охраны окружающей среды и рационального природопользования – является разработка и внедрение усовершенствованных технологий возрождения природы методом биоремедиации загрязненных пахотных земель, болот, лесных угодий т.д. Известные, и к сожалению используемые еще способы ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов на почвы проводятся такими приемами и способами как сжигание нефти, засыпки загрязненных участков грунтом, вывоз загрязненной почвы в отвалы и внесение в почву микро-деструкторов, действие которых на биоценоз в настоящее время не исследованы, что приводит к необратимому уничтожению плодородного слоя почвы. Такие способы очистки и «рекультивации» не отвечают современным требованиям экологической безопасности и совершенно неприемлемы [1].

Проведенные многолетние научно-исследовательские работы показали, что при нефтяном загрязнении тесно взаимодействуют три группы экологических факторов:

1) уникальная многокомпонентность состава нефти, находящегося в процессе постоянного изменения;

2) гетерогенность состава и структуры любой экосистемы, находящейся в процессе постоянного развития;

3) многообразие и изменчивость внешних факторов, под воздействием которых находится экосистема: температура, давление, влажность, состояние атмосферы, гидросферы и т.д. [2].

Вполне очевидно, что оценивать последствия загрязнения экосистемы нефтью и намечать пути ликвидации этих последствий необходимо с учетом конкретного сочетания этих трех групп факторов.

При освоении, обустройстве и эксплуатации месторождений нефти и газа в значительной мере изменяется природный ландшафт и идет интенсивное загрязнение земель.

Почвенный покров-основной элемент ландшафта первым принимает на себя «экологический удар». В связи с механическим нарушением и нередко химическим загрязнением происходит постепенная деградация почв, которая стала одной из основных экологических проблем нефтегазового комплекса.

Многолетние исследования, проводимые на нефтезагразненных почвах Апше-ронского полуострова (Бинагадинский и Хазарский районы) показали, что нефти деградирует очень медленно, процессы окисления одних структур ингибируются другими структурами, трансформация отдельных соединений происходит по пути приобретения форм, в дальнейшем трудноокисляемых.

Нефть, попадая в почву, вызывает значительные, порой необратимые изменения ее свойств-образование битуминозных солончаков, гудронизацию, цементацию и т.д. Эти изменения влекут за собой ухудшение состояния растительности и биопродуктивности земель. В результате нарушения почвенного покрова и растительности усиливаются нежелательные природные процессы –эрозия почв, деградация, криогенез.

Проблема деградации почв требует от компетентных отраслевых служб принятия незамедлительных мер, поскольку с почвами связана биологическая продуктивность всего ландшафта.

Процесс естественного фракционирования и разложения нефти начинается с момента ее поступления на поверхность почвы. Выделяют три наиболее общих этапа трансформации нефти в почвах [2]:

1) физико-химическое и частично микробиологическое разложение алифатических углеводородов;

2) микробиологическое разрушение главным образом низкомолекулярных структур разных классов, новообразование смолистых веществ;

3) трансформация высокомолекулярных соединений; смол, асфальтенов, полициклических углеводородов.

Длительность всего процесса трансформации нефти в разных почвенно-климатических зонах различна: от нескольких месяцев до нескольких десятков лет.

Нефть самый распространенный источник топлива в мире и наиболее опасный загрязнитель биосферы. Химическое загрязнение почвенного покрова происходит практически на всех стадиях технологического процесса нефтедобычи.

Попадание нефти в почву приводит к глубоким и часто необратимым изменениям физических, морфологических, физико-химических, микробиологических свойств, а иногда и существенной перестройке почвенного профиля, потере плодородия и отторжению загрязненных территорий из хозяйственного использования.

При загрязнении нефтью изменяются химический состав, свойства и структура почв. Прежде всего, это сказывается на гумусовом горизонте- количество гумуса в нем резко уменьшается, вследствие гидрофобности нефти затрудняется поступление влаги к корням растений.

Восстановление нефтезагрязненных земель является в настоящее время одним из сложных и в то же время малоизученных объектов рекультивации. Во всех мероприятиях связанных с ликвидацией последствий загрязнения, с восстановлением нарушенных земель, необходимо исходить из главного принципа не нанести экосистеме больший вред, чем тот, который уже нанесен при загрязнении. Попадая в окружающую среду, ископаемые углеводороды, в частности нефть и продукты ее переработки, не только губят флору и фауну, но и наносят прямой вред здоровью человека. Положение усугубляется тем, что решение этого вопроса (как впрочем и большинство других экологических проблем) долгие годы откладывалось на будущее. В связи с этим нам кажется актуальным поднятие вопроса о проведении рекультивационных мероприятий, о снижении риска аварий на предприятиях перерабатывающих нефть и занимающихся транспортировкой и распространением нефте-продуктов [1].

Актуальность. Разложение нефти и нефтепродуктов в почве в естественных усло-виях процесс биохимический.

Влияние нефти и отдельных её продуктов на почву и почвообразовательный процесс изучено многими авторами. Окисление нефти начинается сразу после ее попадания в почву. Общими чертами этого процесса является быстрое разрушение метано-нафтеновых фракций, относительное увеличение доли смолистых веществ в нефти, переход части нефтя-ных компонентов в нерастворимые в органических растворителях формы. В результате многолетнего опыта работы с нефтезагрязненнымипочвогрунтами нами было установлено, что в большинстве случаев процессы разложения и методы рекультивации затрудняются благодаря наличию в почвах трудно расщепляемых канцерогенных углеводородов [3].

Методика и объект исследования. Абшеронский полуостров, а также рекультивируемыенефтезагрязненныепочвы Биби-Эйбетскогоместорождения нефти.Регион занимает восточ-ную часть Абшеронского полуострова. Современный рельеф начал формироваться здесь с хазарского века. Большую роль в процессе почвообразования сыграли среднепозднечетвертичные трансгрессии Каспия и аридно –денудационные процессы. В целом рельеф представлен холмисто-грядовой, террасированной равниной, представляющей собой хазарскую абразионную террасу. На обширной площади развиты эоловые формы рельефа.

Для Абшеронского полуострова характерен климат умеренно-теплых полупустынь и сухих степей с сухим летом. Он отличается скудным увлажнением. Суммарная радиация от 120 до 130 ккал/см^2 за год. Абсолютный минимум температуры воздуха изменяется от 5^0 до 8^0С, а максимум +40–42°. Особенностью климата Абшерона является незначительное выпадение атмосферный осадков, особенно в летний период, вследствие чего поверхность земли не может достаточно увлажняться атмосферными осадками.Наличие высокой температуры и влияние энергичной солнечной инсоляции способствует усиленному испарению влаги и быстрому высыханию поверхности почв. Иссушенная, голая, лишенная растительногопокровапочва быстро разрушается ветром и выдувается. Наряду с этим фактором надо отметить, что явление ветровой эрозии усиливается еще больше благодаря геологическому строению полуострова, который в основном сложен осадочными породами, податливыми разрушительной силе ветра.Преобладающийсинузией естественного растительного покрова Абшерона является эфемерная растительность, характеризующимися коротким периодом вегетации. Солянковых видов на полуострове больше, чем полынных. При очистке засоленных нефтезагрязненных почв необходимо учитывать специфику природных условий, которые влияют на эффективность проведения восстановительных мероприятий (аридный климат территории, сильные ветры,засоление почв, высокая менерализация грунтовых и поверхностных вод). В связи с этим актуальна разработка методов освоения нефте-загрязненных почв после окончания их эксплуатации НГДУ.

Одним из видов негативного антропогенного воздействия является загрязнение углеводородами нефти, продуктов ее переработки, сжигание веществ, сопутствующих придобычи нефти. К чему приводит такое интенсивное загрязнение почвы нефтью?Во первых, оказавшись в грунте, нефтепродукты могут взаимодействовать с водоносными горизонтами и попадать в питьевую воду. Во-вторых, ухудшается структура самой почвы, повышается ее кислотность, в почве накапливаются патогенные микроорганизмы (особенно возбудители корневой гнили) происходит деградация и депрессия почвенной микрофлоры, нарушается почвенный микробиоценоз и биоценоз в целом. Общий экономический ущерб в результате этих процессов оценивается в сотни миллиардов ежегодно.

На территории НГДУ Биби-Эйбат был выбран участок для проведения вегетативных опытов по выращиванию садовых культур.

Экспериментальная часть

Схема опытов следующая:

I вариант

1. Контроль-чистая почва-суглинистая.
2. Почва загрязненная сырой нефтью 1%
3. Почва загрязненная сырой нефтью 2%
4. Почва загрязненная сырой нефтью 3%
5. Почва загрязненная сырой нефтью 4%

II вариант

1. Контроль чистая почва-супесчаная
2. Почва загрязненная сырой нефтью 1%
3. Почва загрязненная сырой нефтью 2%
4. Почва загрязненная сырой нефтью 3%
5. Почва загрязненная сырой нефтью 4%

В качестве растения усваителей были выбраны серебристый лох,шелковистый тут, гранат, Эльдарская сосна, кипарис и люцерна. Нужно отметить, что вегетационные наблюю-дения за этими культурами показали, что наиболее хорошая устойчивость к нефтезагрязнению наблюдается у лоха, граната и Эльдарской сосны. При загрязнении 1%-2% развитие и выживаемость этих культур была положительной. Количество веток, рост растений, яркая окраска и упругость листьев для всех культур- были факторами их хорошего состояния. В течении фенологических наблюдений этого года под растения дважды давались удобрениям: аммофоска и селитра.

Вполне очевидно, что влияние нефти в почве не может быть единым для всех типов почв и природных зон. Оно зависит от факторов определяющих влияние веществ на свойство почв и расстений, от потенциала самоочищения почв и длительности загрязнения.

Наиболее распространенгазохромотографический метод в сочетании ИК спектро-метрией, позволяющей определять индивидуальные компоненты нефти. С целью опреде-ления нефтепродуктов нами использовался органический растворитель –бензол. Нефтезагрязненная почва массой 20грамм промывалась бензолом методом медленной декон-тации. Затем промытая масса высушивалась и определялось количество нефтепродуктов. Исследуемые образцы были взяты с территории НГДУ Биби-Эйбата.

Степень загрязнения нефтепродуктами

№	Разрезы	Глубина	Количество нефтепродуктовг/кг
1	№2(около нефтяной вышки)	0–20	30
2		20–40	29,3
3		40–60	29,1
4		60–80	17,75
5	№4	0–20	29,8
6		20–40	13,05
7		40–60	4,45
8		60–80	0,2

Выводы. На основании проведенных анализов и визуальных исследований можно сделать следующие выводы.

Присутствие нефтепродуктов прослеживается по всему участку и изменяется от 0,2 до 30% на 100 г почвы. Садовые культуры в частности серебристый лох, гранат, Эльдарская сосна весьма приемлемы к использованию для биологической рекультивации нефтезагрязненных почв. Их выживаемость лучше по сравнению с другими культурами, следовательно, эти культуры более целесообразно использовать для озеленения рекультивируемых нефтезагрязненных почв.

Литература

1. Иларионов С.А. Экологические аспекты восстановление нефтезагрязненных почв.

2. Середина Т.И., Терещенко Н.Н. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация. Томск, 2004.

3. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988.

TOXISITY OF OIL-POLLUTED SOILS AND IMPORTANCE OF THEIR RECULTIVATION

A.G. Guliyev, Ch.T. Bakhshiyeva

İnstitute of soil Science and Agrochemistrry of ANAS, Baku, soiman@science.az.

Summary. *An aim of the work is to perform vegetation experiments in the Bibiheybat zone where the recultivation works were carried out in Absheron peninsula. For the purpose the sand subtropik plants at different contaminated doses were planted in the same soils (silverberry and milberry). The annual abservations indicate that the both cultures are durable and development is possible under this condition.*

Keywords: *oil-polluted, recultivation, contamination degree, oil products, to be able to live, method.*

УДК 632.122.2

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ НА НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ О. САХАЛИН

Д.Н. Липатов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, dlip@soil.msu.ru

Аннотация. *Рассмотрено морфологическое строение и свойства подзолов, ржавоземов, торфяно-глееземов, их нарушенных и химически преобразованных аналогов, а также техногенных поверхностных образований и хемоземов, что необходимо для проектирования рекультивационных мероприятий на нефтепромыслах северо-восточного Сахалина. Описаны техногенные морфологические признаки нефтезагрязненных горизонтов: темно-бурый цвет, маслянистый блеск, техногенные агрегаты и битуминизированная корка на поверхности.*

Ключевые слова: *техноземы, хемоземы, подзолы, ржавоземы, торфяно-глееземы, нефтяное загрязнение, почвенный мониторинг.*

На нефтедобывающих территориях формируются специфичные техногенные ландшафты с глубокими деградационными изменениями почвенного покрова [1, 2]. Изучение техногенно нарушенных и химически преобразованных почв имеет важное теоретическое значение и необходимо для проектирования рекультивационных мероприятий. Мониторинг почв на о. Сахалин чрезвычайно важен в связи с ростом объемов добычи и транспортировки нефти и газа в этом регионе. Исследования проводились в 2007 и 2010 г. в северо-восточной части о. Сахалин на месторождениях Катангли и Нижнее Даги в послеэксплуатационный период на промышленных площадках нефтедобычи. Морфологические свойства почв определяли в ходе полевых исследований по разрезам, особое внимание уделялось описанию техногенных признаков. Диагностика почвенных горизонтов проводилась по Классификации почв России (2004) [3] с дополнениями, предложенными для нефтедобывающих территорий [2]. Из почвенных разрезов отбирали пробы по горизонтам, в них определяли содержание суммы углеводородов нефти (УВН) методом инфракрасной спектрометрии в соответствии с ПНДФ 16.1:2.2.22-98.

На фоновых территориях северо-восточного Сахалина вокруг месторождений природные экосистемы представлены лиственничными редколесьями и заболоченными угодьями. Зональные типы почв: подзолы, ржавоземы, торфяно-глееземы. В исследованных почвенных разрезах выделены глееватые подтипы подзолов и ржавоземов (табл.). В болотных экосистемах распространены торфяно-глееземы потечно-гумусовые. В изученных почвах на фоновых территориях не выявлено загрязнение почв УВН выше ОДК (1000 мг/кг), не отмечены механические нарушения почвенных профилей. Однако такие признаки, как фрагментарность и деструктивный характер подстилки, слабовыраженная структура и пылеватость горизонта AY, иссушение и увеличение степени разложенности торфяных горизонтов связаны с тем, что в зоне влияния нефтепромыслов происходит нарушение водного режима почв, угнетение растительного покрова, увеличение пылепереноса с промышленных площадок.

На промышленных площадках нефтепромыслов преобладают техногенные ландшафты с фрагментарным растительным покровом, микро- и мезорельефом, сформированном в результате производственной деятельности. На исследованных площадках месторождений о. Сахалин выявлены техногенно нарушенные почвы, характеризующиеся различной степенью механической трансформации вследствие срезки верхних горизонтов при проведении земляных и строительных работ на скважинах, внутрипромысловых трубопроводах, шламовых амбарах, подъездных автодорогах и др. объектах инфраструктуры месторождений. Кроме того, после завершения эксплуатации промышленных площадок, на них выполняются земляные рекультивационные работы, чаще всего, отсыпка поверхности завезенным песчаным грунтом и нанесение плодородного слоя. В результате всех этих работ в различные периоды на территории выработанных месторождений формируются почвы со сложными почвенными профилями, нижняя часть которых унаследована от природных почв, а верхние горизонты – техногенные.

Техногенно преобразованные почвы – техноземы – зафиксированы для всех зональных почвенных типов (табл.). На поверхности техноземов в большинстве случаев отсутствуют органогенные горизонты. В техно-подзоле верхний горизонт представлен турбированными слоями горизонтов AEL и EL. В техно-ржавоземе верхний стратифицированный горизонт [AY]r,x является насыпным слоем с низким содержанием гумуса (< 1%) и слабым загрязнением УВН (1000-3000 мг/кг). Под этими техногенными горизонтами залегают генетические горизонты природных почв: BFM, Bf, Cg.

Морфологическое строение почв на фоновых территориях и промышленных площадках нефтепромыслов на северо-востоке о. Сахалин

Зональные почвы на фоновых территориях вблизи месторождений	Техногенно нарушенные почвы на площадках месторождений	Химически преобразованные почвы на площадках месторождений
Подзол песчаный языковатый глееватый: O(0-2)–AY(2-5)–AEL(5-8)–EL(8-17)–B1f,y(17-30)–B2g(30-55)–Cg(55-80 см)	Технозем турбированный по подзолу: [AEL-EL]tr,x(0-20)–B1f(20-30)–B2(30-60)–Cg(60-80 см)	Хемозем нефтезагрязненный по подзолу: X1kr(0-2)–X2(2-12)–ELx(12-20)–B1x,y(20-32)–B2x,g(32-55)–Cg,x(55-75 см)
Ржавозем легкосуглинистый глееватый: O(0-5)–AY(5-20)–BFM(20-32)–B2f(32-55)–Cf,g(55-90)–Cg(90-120 см)	Технозем по ржавозему: [AY]r,x(0-25)–BFM(25-35)–B2f(35-55 см)–Cf,g(55-80)–Cg(80-110 см)	Хемозем нефтезагрязненный по ржавозему: X1pir,kr(0-2)–X2(2-30)–Bx,f(30-60)–Cx(60-90)–Cg,x(90-115 см)
Торфяно-глеезем потечно-гумусовый: O(0-10)–T1(10-22)–T2(22-45)–Ghi(45-60)–CG(60-90 см)	Технозем по торфяно-глееземy: [AY]r,x(0-20)–Tmr(20-40)–Ghi(45-65)–CG(65-80 см)	Хемозем нефтезагрязненный по торфяно-глееземy: X1pir(0-3)–XT1(3-25)–T2x,mr(25-40)–XGhi(45-70)–CGx(70-90 см)
	Техногенное поверхностное образование: [AY]r,x(0-20)–[B1](20-50)–[B2](50-120)–C(120-150 см)	Хемозем на природном поверхностном выходе нефти: X1kr(0-4)–X2(4-20)–X3(20-50 см)

В техноземах по торфяно-глееземам верхний стратифицированный горизонт является во многих случаях насыпным, а под ним могут залегать торфяные слои, характеризующиеся примесью минерального материала – Tmr. Нижняя часть техногенно нарушенных торфяно-глееземов сохраняет природные горизонты Ghi и CG. На исследованных промышленных территориях северо-восточного Сахалина наблюдаются процессы иссушения болотных угодий, что ведет к уменьшению влагозапасов верховодки и грунтовых вод и может существенно изменить морфологическое строение нижних горизонтов торфяных и глеевых почв.

На нефтедобывающих территориях отмечены техногенные поверхностные образования – почвоподобные тела с глубокими изменениями вертикального строения. Они формируются рядом со скважинами и по линии траншей подземных трубопроводов, когда глубина проводившихся земляных работ составляет более 1 метра. Насыпные слои формируют профиль новой почвы, которую в начальный период можно рассматривать как эмбриозем. Верхний стратифицированный горизонт такого техногенного поверхностного образования, выступая субстратом для растительности, в дальнейшем приобретает свойства гумусового горизонта.

На промышленных площадках в результате аварийных разливов нефти происходит загрязнение почв, что может приводить к формированию хемоземов – почв со значительными изменениями свойств вследствие химического воздействия (табл.). В результате нефтяного загрязнения подзолов, ржавоземов, торфяно-глееземов отмечена кардинальная трансформация их морфологических показателей. Наиболее выражены изменения цвета горизонтов, а также появление признака маслянистости в нефтезагрязненной почвенной массе. Серый цвет, характерный для горизонта AY, в химически преобразованных почвах приобретает темно-бурый, почти черный оттенок, с характерным маслянистым блеском почвенной массы. Такая хемогенная трансформация наиболее отчетливо прослеживается в исследованных почвах при уровне загрязнения УВН более 50 000 мг/кг. Кроме того, на поверхности сильнозагрязненных почв зафиксирована битуминизированная корка (нефтяной кир) – горизонт X1kr. В случае процессов горения нефти на поверхности таких хемоземов может формироваться горизонт X1pir.

К особенностям морфологического строения нефтезагрязненных хемо-подзолов следует отнести серовато-темно-коричневый оттенок горизонта AEL и серовато-белесый цвет горизонта EL, а также нечеткость и языковатость границ между горизонтами. При просачивании нефти переходы между горизонтами становятся размытыми, возникает новая конфигурация границ. В подзолах даже при низких уровнях загрязнения (УВН 5000-10000 мг/кг) отмечалось более резкое потемнение окраски, чем в ржавоземах, что, по-видимому, связано с исходными светлыми тонами горизонтов AEL и EL.

В ходе изучения нефтезагрязненных горизонтов почв в них зафиксированы техногенные микроагрегаты – уплотненные, темно-бурого цвета, округло-кубовидной и мелкоглыбистой формы. Маслянистость, «обмыленность» их граней являются хемогенными признаками, обусловленными увеличением гидрофобности загрязненных почвенных частиц. Их формирование, по-видимому, связано не только с воздействием нефтепродуктов, но и с другими факторами технопедогенеза. На промышленных площадках в условиях нефтяного загрязнения такие техногенные агрегаты составляют 20–40% объема почвенных горизонтов.

На поверхности нефтезагрязненного хемо-торфяно-глеезема отмечена пирогенная корка коричнево-бурого цвета – горизонт X1pir (таблица). Хемогенно трансформированный торфяный горизонт XT1 характеризуется выраженным маслянистым блеском, содержание УВН в нем достигает 60000 мг/кг. В нижней части торфяной толщи (горизонт T2x,mr) содержание УВН снижается до 10000 мг/кг, но глубже по верхней кромке почвенно-грунтовых вод резко увеличивается до 75000 мг/кг в горизонте XGhi, который имеет темно-бурый цвет с почти черными маслянистыми пятнами загрязнения. В нижележащем горизонте CGx морфологические признаки хемогенной трансформации менее выражены.

На территории месторождения Катангли встречаются естественные выходы нефти на поверхность, которые представляют собой закированные участки почвы в виде небольших «озер». В исследованных хемоземах, сформированных на таких природных образованиях (таблица), содержание УВН составляло 200000-350000 мг/кг. Закированный горизонт X1 сильно затвердевший. Весь профиль характеризуется темно-бурым (почти черным) цветом с интенсивным маслянистым блеском.

Таким образом, почвенный покров на нефтедобывающих территориях северо-восточного Сахалина представлен подзолами, ржавоземами, торфяно-глееземами, а также их техногенно нарушенными (техноземы) и химически преобразованными (хемоземы) аналогами. Вследствие производственных работ на промышленных площадках формируются техноземы со сложными почвенными профилями, нижняя часть которых унаследована от природных почв, а верхние горизонты – насыпные и турбированные. Для нефтезагрязненных хемоземов характерны морфологические признаки: темно-бурый (почти черный) цвет, маслянистый блеск, техногенные агрегаты в горизонтах и битуминизированная корка на поверхности.

Литература

1. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 376 с.
2. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация). М.: Изд-во МГУ, 2003. 267 с.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS IN TECHNOGENIC LANDSCAPES ON OIL-PRODUCING TERRITORIES OF THE SAKHALIN ISLAND

D.N. Lipatov

Lomonosov Moscow State University, Moscow, dlip@soil.msu.ru

Summary. *Morphological structure and properties of podzols, rzhavozems, peat gleyzems, their disturbed and chemically transformed soil counterparts, as well as technogenic surface formations and chemozems was considered. This is necessary for the design of reclamation measures in the oil fields of the North-Eastern Sakhalin. Technogenic morphological features of oil-contaminated horizons: dark brown color, oily sheen, technogenic aggregates and bituminized crust on the surface were described.*

Keywords: *technozems, chemozems, podzols, rzhavozems, peat gleyzems, oil contamination, soil monitoring.*

УДК 622.882:712.4(477.61/62)

ПОЧВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СПОСОБЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ СУЛЬФИДНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ШАХТНЫХ ОТВАЛОВ ДЛЯ ИХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ

Н.Е. Опанасенко, М.Л. Новицкий

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, anna_yevtushenko@mail.ru

Аннотация. *Рассмотрен способ физико-химической рекультивации сульфидных горных пород шахтных отвалов, ослабление или устранение отрицательных и развитие ее положительных качеств и создание плодородных техногенных субстратов на плоских отвалах для их озеленения древесно-кустарниковыми растениями. При рельефоформирующем способе рекультивации сульфидных шахтных отвалов в понижениях между буграми за счет дополнительного стока атмосферных осадков интенсивно протекают процессы выветривания, окисления, выщелачивания, рассолонцевания и почвообразования, что приводит к формированию в западинах за 10–12 лет молодых техногенных почв, пригодных для посадки саженцев древесно-кустарниковых растений.*

Ключевые слова: *шахтные отвалы, сульфидные горные породы, кислотный комплекс, способы рекультивации, техногенные субстраты, молодые почвы понижений, озеленение.*

На практике горнодобывающих объединений многих стран принята геомелиоративная модель рекультивации сульфидных шахтных отвалов способом засыпки их суглинками, супесями, песками слоем до 80 см с нанесением на эти «экраны» плодородной почвы слоем 50–70 см. Это предполагает добычу, перемещение и отсыпку до 15 тыс. $м^3$/га почвогрунтов, что очень дорого или невозможно.

Детальные результаты комплексного полевого почвенно-биологического обследования разновозрастных отвалов и опытно-лабораторных исследований сульфидных шахтных горных пород позволили наметить и решить два способа их рекультивации.

Теоретическая основа первого направления заключалась в:

– нейтрализации постепенно образующейся при химико-биологическом окислении пиритов серной кислоты внесением и тщательным смешиванием сульфидсодержащей породы с кальцийсодержащими мелиорантами с образованием безвредного для растений полугидрата, а затем гипса (расчеты велись по содержанию валовой серы и количеству кальция в суглинке или глине);

– устранении обменной кислотности вытеснением из ППК ионов водорода и алюминия катионами кальция;

– переводе фосфатов из труднорастворимых соединений с алюминием и железом в доступные для растений формы;

– создании минеральной основы для структурообразования, когда поглощенный натрий в породе, вызывающий пептизацию коллоидов, вытесняется из ППК Ca^{2+} – «стражем структуры».

При таком физико-химическом способе рекультивации плоских отвалов запасы мелкозема – основного вместилища воды, гумуса, питательных веществ, корней растений в слое 0–60 см на смеси породы с карбонатным суглинком увеличились с 2680 до 4000 т/га. Тяжелосуглинистый гранулометрический состав при внесении мелиорантов изменился на легко- и среднесуглинистый. На породе с суглинком количество ила возросло на 4%, что обогатило субстрат также и вторичными минералами, активизировало физико-химические процессы в целом, и поглотительную способность в частности.

Мелиорация горной породы снизила плотность сложения мелкозема субстратов (до 1,32 – 1,29 г/$см^3$), оптимизировала скважность (>50%) и воздухоемкость (>36%), увеличила их водопроницаемость до 100 мм воды за первый час наблюдений: наименьшая влагоемкость увеличилась до 13–15%, а доступной для растений влаги стало 7%.

На рекультивированном физико-химическим способом участке хорошо росли тамарикс, сосна крымская, катальпа, можжевельник казацкий, снежноягодник, биота восточная и еще 14 видов древесно-кустарниковых растений.

При втором, «рельефоформирующем» способе формируем такую геометрию поверхности вершины трапециевидного отвала или террас на его склонах, при котором за счет стока осадков

локально создаются оптимальные условия увлажнения в понижениях (на дне) между соприкасающимися буграми, где происходит накопление наиболее потенциально плодородных, во многом раскисленных и вымытых от легкорастворимых солей тонкодисперсных илистых частиц.

В понижениях между буграми интенсивно идут процессы гумусообразования при их зарастании пионерными травами.

Суть подходов заключалась в том, чтобы выявив, оценив, а затем, ослабив или устранив отрицательные для растений качества шахтной породы (не только кислотного комплекса), определить и развить ее потенциальные положительные качества и вовлечь породу в интенсивное почвообразование, максимально используя его факторы: климат, рельеф, организмы, а также мелиоранты.

В понижениях в первые годы установлено, что при увеличении кислотности растворов до pH солевого, равного 4 и ниже, в породе накапливается подвижный алюминий (до 29 мг/100 г навески в слое 0–60 см), который наряду с поглощенным водородом обусловливает обменную кислотность. Сравнение обменной кислотности с содержанием подвижного алюминия (мг-экв на 100 г) свидетельствует, что обменная кислотность (3,4) определяется преимущественно его катионами.

При интенсификации почвообразовательного процесса в понижениях ППК претерпел количественные и качественные изменения, возросла поглотительная способность, увеличилась сумма поглощенных оснований с 4–8 до 14 мг-экв на 100 г молодой техногенной почвы. Из сорбционного комплекса солонцеватых горных пород в большой мере произошло вытеснение Na^+ и замещение его кальцием, доля натрия составила 3% от суммы поглощенных катионов.

Важно отметить, что накопление карбоната кальция в почвах происходит, по всей вероятности, в результате «биоперекачки» катиона растительностью из горной породы (0,3–0,8% $CaCO_3$) в почвенные горизонты (1,6–4,3%).

Вполне закономерно, что с формированием пионерных фитоценозов на частично раскисленном, выщелоченном и рассолонцованном субстрате процессы гумусообразования в понижениях протекают гораздо интенсивнее, чем на буграх. Если в западинах и пониженных элементах рельефа в слое 0–20 см за 10–12 лет образовалось 0,24–0,57% гумусовых веществ (извлекаемых раствором пирофосфата натрия и NaOH) и в слое 20–40 см – 0,1–0,33%, то в привершинных формах бугров – 0,02–0,1%. Запасы гумусовых веществ понижений в слое 0–50 см составили 13–22 т/га, а в привершинных частях не более 2 т/га.

Учет состояния и приживаемости древесно-кустарниковых насаждений показал лучшие результаты на беззатратном рельефоформирующем способе рекультивации сульфидной породы, когда через 12–14 лет после отсыпки террасы выросли 2–7-метровые деревья и 3–4-метровые кустарники. Лучшими показателями роста отличались ясень зеленейший, дуб черешчатый, клен татарский, можжевельник виргинский и еще 24 вида древесно-кустарниковых растений.

По двум способам рекультивации плоских и трапециевидных отвалов заложено более пяти гектар деревьев и кустарников, часть из которых используется как парки или видовые площадки.

SOIL-BIOLOGICAL RESEARCHES AND METHODS OF RECULTIVATION OF SULPHIDE ROCKS OF REFUSE HEAPS FOR THEIR GREENING

N.E. Opanasenko, M.L. Novitskiy
The Nikitsky Botanical Gardens – National scientific center of the RAS, Yalta, anna_yevtushenko@mail.ru

Summary. *The method of physical-chemical recultivation of sulfide rocks of refuse heaps, weakening or eliminating the negative and developing the positive qualities and create fertile man-made substrates on flat dumps for their greening with trees and shrubs. With a relief-forming method of recultivation of sulfide refuse heaps in the degradations between the ridges, due to the additional runoff of atmospheric precipitation, the processes of weathering, oxidation, leaching, desalination and soil formation intensively proceed, which during 10–12 years leads to the formation of young technogenic soils in the swallow holes suitable for planting seedlings of trees and shrubs.*

Keywords: *refuse heaps, sulfide rocks, acid complex, methods of recultivation, technogenic substrates, young soils of degradations, greening.*

УДК 631.42

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЗЕМОВ КУЗНЕЦКОЙ КРЕПОСТНОЙ ГОРЫ

О.И. Подурец

Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета, Новокузнецк, Glebova-Podurets@mail.ru

Аннотация. *В процессе роста селитебных территорий и развития урбанизации естественные природные почвы полностью уничтожаются или значительно трансформируются. В статье приводятся результаты исследований динамики почвообразования техноземов, формирующихся на трансформированных ландшафтах Кузнецкой крепостной горы. Дана развернутая характеристика экологических особенностей техноземов на основе сравнительной оценки их морфологических и физико-химических параметров с черноземами, сохранивших свое естественное сложение на исследуемой территории.*

Ключевые слова: *техноземы, почвообразование, черноземы, свойства.*

Актуальность. История Новокузнецка неразрывно связана с историей присоединения и освоения Сибири Российским государством. С 1620 г. и до конца XVIII в. Кузнецкий острог, являлся ядром и административным центром вновь присоединенных к России земель, и самым Южным военным форпостом в Сибири. В 1846 г. крепость была упразднена, а Кузнецк имел характер сельского поселения. В 1932 г. произошло объединение Сад-города (или Сталинска) с Кузнецком, и был образован город Сталинск, переименованный в 1962 г. в город Новокузнецк. Основанный в 1618 г, сегодня город представляет крупную городскую агломерацию с более полумиллионным населением и с более 1200 промышленными предприятиями, из которых крупнейшими являются металлургические заводы (КМК, ЗСМК, НКАЗ и КЗФ). В ходе строительства города и расширения границ происходило перераспределение земельных ресурсов по категориям их целевого назначения под объекты жилищно-бытовой инфраструктуры города и как следствие, происходила трансформация естественных природных ландшафтов [1, 2]. Это сопровождалось постепенной заменой природных биоценозов с зональными типами почв на структуры со специфическими почвенными образованиями (убраноземы, техноземы и эмбриоземы), характеризующихся особыми морфологическими и физико-химическими параметрами и свойствами [3, 4]. В рамках решения вопросов рационального природопользования урбанизированных территорий актуален вопрос комплексной оценки состояния формирующихся почв.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являются техноземы, сформированные на трансформированных ландшафтах городской зоны; предмет исследования – почвообразовательные процессы. Особенностью почвенных образований антропогенно-преобразованных техногенных территорий (эмбриоземов и техноземов) является их малопрофильность, поэтому особое внимание при изучении данных почв уделялось морфологическому изучению их почвенного профиля методами почвенно-морфологического профилирования, для оценки физико-химических параметров использовались инструментальные методы [5, 6].

Обсуждение результатов. Город Новокузнецк расположен в южной части Кузнецкой котловины. Рельеф территории определяется расположением в пределах Кузнецкой и Неня-Чумышской впадин, Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау. Город характеризуется окружением невысоких гряд: с запада возвышаются Старцевы горы; с севера на правом берегу реки Томи круто открываются Становые горы; в междуречье рек Кондомы и Томи, с востока подступают Караульные сопки. Наиболее высокая часть города находится на Соколиных горах (445м), расположенных в южной части города. Кузнецкая крепостная гора (352м) является одной из возвышенностей Становых гор.

Климат резко-континентальный, со значительными годовыми и суточными колебаниями температур, что обусловлено региональным положением внутри азиатского континента и

приуроченностью к зоне сочленения Кузнецкой котловины с горными сооружениями Кузнецкого Алатау, Горной Шории и Салаира. Существенное влияние на климат г. Новокузнецка оказывает пространственная ориентировка основных геоморфологических элементов, в первую очередь — речных долин и водоразделов.

Вся территория характеризуется весьма значительным однообразием почвообразующих пород, представленных карбонатными, светло-бурыми и буровато-желтыми лессовидными иловато-пылеватыми тяжелыми суглинками или пылевато-иловатыми легкими глинами. Эти лессовидные породы распространены повсеместно и одевают сплошным покровом, как все водораздельные пространства, так и верхние надпойменные террасы речных долин [7]. Лессовые отложения в пределах Кузнецкой горы имеют мощность 5–10 м. При рассмотрении данных механического состава покровных лёссовидных отложений отмечается его однородность и постоянство. Количество отдельных фракций почти одинаково во всех разрезах. Однако при анализе большого количества определений механического состава образцов, взятых на водораздельных пространствах, и образцов «террасовых» отложений выявляется некоторая тенденция к уменьшению количества фракций физической глины и увеличению содержания пылевато-песчаных фракций по мере перехода от водораздела к речной долине реки Томь. По содержанию фракции физической глины покровные породы Кузнецкой котловины следует классифицировать как пылеватые тяжелые суглинки или даже легкие глины, которые характеризуются высокой пористостью, тенденцией распадаться на крупные вертикальные отдельности.

В процессе строительства центральной части города в 1950–1955 гг. почти вся масса лессовидных суглинков в южной части Кузнецкой горы была снята. Плодородные слои почвы были использованы для озеленения города, а лессовидные суглинки для строительных целей и засыпки левобережной низкой поймы, на которой создавался Центральный район.

На «скальпированной» территории под влиянием действия естественных факторов среды стали и развития почвообразовательных процессов формируются новые специфические почвенные образования. Зональными типами почв естественных ландшафтов являются черноземы, которые в течение длительной истории развития ландшафта формировались на лессовидных иловато-пылеватых суглинках под пологом травянистой растительности луговоразнотравных степей и луговых формаций лесостепей. На сохранившихся естественных ландшафтах Кузнецкой горы распространены разнотравные луговые формации, а также большая площадь не используемой в хозяйственной деятельности в настоящее время территории, представлена залежью с доминированием травянистых растительных группировок.

Техноземы формируется преимущественно под древесно-кустарниковыми растительными группировками, с разряженным травянистым покровом. В профиле выделяется четко диагностируемый органогенный горизонт (А0) в виде подстилки, сформированной преимущественно из лиственного опада, различной мощности. В силу малой профильной дифференциации, как и в эмбриоземах, развитие почвообразовательных процессов в техноземах возможно лишь оценить по особенностям формирования профиля, находящегося в зависимости от поступающей органики [8].

Профиль техноземов имеет четко выраженную органогенную и литогенную части. В органогенной части выделен гумусово-аккумулятивный горизонт, густо переплетенный корнями растений, схожий по морфологии с гумусным горизонтом зонального чернозема, но имеющим свою характерную специфичность. Черноземные почвы естественных ландшафтов характеризуется мощностью гумусного горизонта (А) более 40 см, а с учетом переходного горизонта (АВ) более 60см. На скальпированной территории сформировались почвы, на которых также выделен гумусово-аккумулятивный горизонт мощностью 6-8 см, мелкозернистой, а при высыхании зернисто-пылеватой структуры. Переходный горизонт слабо выражен [9].

Для черноземов выщелоченных характерно изменение почвенной среды от нейтральной до слабощелочной. Для гумусово-аккумулятивного горизонта pH 6,5–7,0, что связано со значительным накоплением органического материала, поступающего с травянистым и живот-

ным опадом, постепенно преобразуемым огромным количеством почвенных микроорганизмов. Постепенно, с глубиной почвенного профиля (ВСк) на глубине 115 см. среда изменяется в щелочную сторону, что связанно, уже с влиянием материнской почвообразующей породой, представленной подстилающими карбонатными лессовидными суглинками.

Техноземы характеризуются схожими показателями кислотности с черноземами, но отличие заключается в динамике изменений. В профиле технозема на глубине 6-8 см, под гумусово-аккумулятивным горизонтом, среда резко сдвигается в щелочную сторону (pH 8,5), что объясняется недостаточно глубоким проникновением процессов гумусообразования и гумусонакопления [9].

Чернозем выщелоченный характеризуется глубоким проникновением гумуса по профилю. В горизонтах А (0-52 см) и АВ (52-72 см) содержание гумуса составляет от 13,8% до 11,5%, с постепенным снижением его количества в иллювиальном горизонте В (72-115 см) до 3% и переходном к материнским горным породам ВС (115-150 см) до 0,3%. Для техноземов отмечено варьирование содержания гумуса от 3,0 до 7,0% в органогенной части профиля (6-8 см), с резким снижением (менее 1%) в переходном горизонте к литогенной части, что также объясняет ограниченным во-времени и в пространстве проникновением процессов гумусообразования.

Заключение. В результате разноплановой хозяйственной деятельности человека естественные ландшафты трансформируются и на них в естественных условиях среды формируются специфические почвенные структуры. Развитие почвообразовательных процессов способствуют постепенному преобразованию изначального грунта и формированию почв. Это обусловлено, прежде всего, биологическими процессами, поступлением на дневную поверхность органических остатков растительного и животного происхождения и их синтезом под влиянием биологических, химических и физических процессов. Техноземы, имеют некоторые черты сходства с зональными типами, но характеризуются малопрофильностью. Диагностировать направленность начального этапа почвообразования возможно лишь по органогенной части профиля.

Литература

1. Подурец О.И. Динамика структуры земельных ресурсов Кемеровской области: анализ, проблемы, перспективы // Отражение био-, гео-, антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. С. 238-241.

2. Подурец О.И. Состав и структура земельного фонда Кемеровской области // Природа и экономика Кемеровской области. Новокузнецк, 2015. С. 285- 289.

3. Глебова О.И. Биогеографическая диагностика эмбриоземов Кузбасса (Автореф. дис. …канд. биол. наук.). Новосибирск, 2005. 18 с.

4. Глебова О.И. Роль факторов, лимитирующих скорость и направленность почвенных и биологических процессов в техногенных ландшафтах // Вестник ТГПУ, 2006. №6. С. 60-63.

5. Федорец Н.Г., Медведева М.В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.

6. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. 400 с.

7. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Почвенные ресурсы Кемеровской области и основы их рационального использования. Новосибирск: Издательство СОРАН, 2013. 477 с.

8. Подурец О.И. Связь динамики запасов растительного вещества с фазами посттехногенного почвообразования // Вестник ТГУ. Биология – Томск, 2011. Выпуск 346 (№169). С. 169-173.

9. Подурец,О.И., Кульбашенко В.В. Специфика развития морфологического профиля техноземов Кузнецкой крепостной горы города Новокузнецка // Новая наука: Современное состояние и пути развития. Стерлитамак: АМИ, 2017. № 4-2-2. 18-22 с.

ECOLOGICAL FEATURES OF TECHNOSEMES KUZNETSKY FOREIGN MOUNTAIN

O.I. Podurets

Novokuznetsk Institute (branch) of Kemerovo State University, Novokuznetsk, Glebova-Podurets@mail.ru

Summary. *During the growth of residential areas and the development of urbanization, natural natural soils are completely destroyed or significantly transformed. In the article results of researches of dynamics of soil formation of the technozems forming on the transformed landscapes of the Kuznetsk fortress are resulted. A detailed description of the ecological features of techno-systems is given on the basis of a comparative evaluation of their morphological and physicochemical parameters with chernozems that have preserved their natural composition in the investigated territory.*

Keywords: *technozems, soil formation, chernozems, properties.*

УДК 631.618

СОСТОЯНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

О.В. Полохин

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, o.polokhin@mail.ru

Аннотация. *Анализируется ситуация с проведением рекультивационных работ по восстановлению техногенных ландшафтов горнодобывающей промышленности в Приморском крае. Показано, что в Приморском крае фактически отсутствует рекультивация нарушенных территорий. Отмечено, что необходима корректировка Проекта Постановления Правительства Российской Федерации "Об утверждении положения о порядке проведения рекультивации и консервации земель".*

Ключевые слова: *рекультивация, техногенный ландшафт, Приморский край.*

Земельный фонд Приморского края составляет 16467,3 тыс. га. В распределении земель по категориям наибольшая доля принадлежит землям лесного фонда 12045,8 тыс. га (73,15%). Земли промышленности и иного назначения составляют 2,3%. При распределении земель Приморского края по угодья сельскохозяйственные угодья занимают 1649,4 тыс. га (10%), лесные земли и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд составляют 81,6%. Нарушенные земли среди угодий Приморского края занимают 16,8 тыс. га (0,1%). Большая часть из этих угодий принадлежит землям промышленности, в частности, горнодобывающим предприятиям. На первый взгляд это совершенно несущественная цифра для земельных угодий края. Однако, хорошо известно, что залежи угля (в Приморском крае в основном бурого угля) находятся под наиболее плодородными почвами. При добыче полезных ископаемых земли отчуждаются и по окончании работ отработанные земли должны быть возвращены в состоянии пригодном для их дальнейшего использования в соответствии с предполагаемым целевым назначением. Для этого должны быть проведены рекультивационные мероприятия. Если до 90-х годов прошлого века горнодобывающие предприятия планово и массово проводили необходимые рекультивационные мероприятия, широко сотрудничали с научными учреждениями, поддерживали опытные участки с различными видами трав, кустарников и древесных культур, то в последние годы мы наблюдаем снижение объемов рекультивационных работ (табл.). Согласно ежегодной форме 2-ТП (рекультивация) предоставляемой природопользователями на территории Приморского края рекультивация фактически не ведется. По этим показателям край существенно отстает в сравнении с ДФО и РФ в целом. По результатам наших наблюдений фактическая площадь нарушенных земель на территории Приморского края при открытой добыче бурого угля превышает данные в отчетах. Имеют место проблемы, связанные с выполнением своевременной реабилитации земель, нарушенных открытыми горными работами. Применяемые технологии рекультивации имеют низкий уровень наукоемкости и экологической эффективности. Разрабатываемые проекты не учитывают индивидуальной специфики техногенных объектов и экономической целесообразности проведения рекультивационных работ. На ранее рекультивированных участках не ведется работ по уходу за высаженными культурами [1, 2]. Ретроспективный анализ проведенной биологической рекультивации в Приморском крае показал следующее: отпад саженцев сосны (интродуцент для данной территории) на Павловском разрезе до 98%. По сообщению Саранчук А.П. на Лучегорском углеразрезе в 1986 году были произведены посадки облепихи крушиновидной, тополя максимовича, сосны обыкновенной, ясеня манчжурского и клена приречного, посев травосмесей и внесение бактерий-мелиорантов с нанесением ПСП. Установлено, что сохранность сосны на 2015 год менее 30%, облепихи 10–15%, тополя 52%, ясеня 15–19%.

Количество нарушенных, отработанных и рекультивированных земель в связи с не сельскохозяйственной деятельностью, га

	2012 год	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год
Российская Федерация						
Нарушено(всего), га	471740,9	723320,2	892668,1	873491,9	1331097,3	1242416,3
Нарушено за год, га	109725,8	137125,9	152722,4	136232,4	178464,0	256242,2
Отработано из общей площади НЗ за год, га	89486,5	81524,3	99448,1	97608,4	111387,5	173761,5
Рекультивировано за год, га	75597,7 (1,6%)	74651,4 (10,3%)	84388,5 (9,5%)	86552,4 (9,9%)	92051,8 (6,9%)	98672,9 (7,9%)
ДФО						
Нарушено(всего), га	33337,9	80221,7	99752,6	120265,7	443882,7	141661,2
Нарушено за год, га	6037,6	16941,8	22182,5	22249,74	33123,51	36312,27
Отработано из общей площади НЗ за год, га	4535,7	13675,9	15203,9	24183,58	16162,25	20936,3
Рекультивировано за год, га	12301,2 (36,9%)	12405,2 (15,5%)	13473,7 (13,5%)	15732,3 (13,8%)	10886,5 (2,5%)	20713,0 (14,6%)
Приморский край						
Нарушено(всего), га	4650,7	6836,5	7378,1	8152,2	8312,5	4772,5
Нарушено за год, га	117,7	300,1	255,6	129,3	210,4	91,5
Отработано из общей площади НЗ за год, га	10,0	24,36	189,1	8,0	37,6	22,1
Рекультивировано за год, га	10,0 (0,2%)	364,1 (5,3%)	318,6 (4,3%)	83,64 (1,03%)	45,6 (0,5%)	14,5 (0,3%)

Примечание. По данным Росприроднадзора.

Ежегодно увеличивается количество нарушенных земель в Приморском крае связанное с работой горнодобывающей промышленности. В 2015 году был открыт новый угольный разрез месторождения «Адамсовский» в Надеждинском районе. Это совместный российско-китайский проект компаний ООО «Рубикон» (Россия) и ООО «Хуафэн» (КНР). Не менее 60% добываемого угля должно уходит в Китай. Все изыскательские работы выполнялись китайскими специалистами без привлечения российских специалистов.

В 2017 г. был открыт Разрез «Некковый» АО «Приморскуголь» (СУЭК) по добыче открытым способом каменного угля. Разрез занимает площадь 5,67 км^2 Липовецкого каменноугольного месторождения. Ранее уголь добывался на этом месторождении подземным способом, но из-за нерентабельности шахты были закрыты. Рекультивационные работы на отработанных землях не проводились.

В 2017 году был принят Проект Постановления Правительства Российской Федерации "Об утверждении положения о порядке проведения рекультивации и консервации земель" (подготовлен Минприроды России 26.05.2017) (Пояснительная записка к проекту Постановления Правительства Российской Федерации "Об утверждении положения о порядке проведения рекультивации и консервации земель" (подготовлен Минприроды России 26.05.2017) (не действует), Досье на проект Постановления Правительства Российской Федерации "Об утверждении положения о порядке проведения рекультивации и консервации земель" (ID проекта 02/07/05-17/00066675, подготовлен Минприроды России 26.05.2017) (принят)). Данное Положение должно заменить постановление Правительства Российской Федерации от 23 февраля 1994 г. N 140 "О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы" (Собрание актов Президента и Правительства Российской Федерации, 1994, N 10, ст. 779), постановление Правительства Российской Федерации от 2 октября 2002 г. N 830 "Об утверждении Положения о порядке консервации земель с изъятием их из оборота" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2002, N 47, ст. 4676).

При рассмотрении Положения оказалось, что в нем не нашли отражения неоднократно высказанные и опубликованные предложения ученых о создании ликвидационных (залоговых) фондов для восстановления нарушенных земель после завершения эксплуатации горно-

добывающих предприятий. Положения, разработанные Институтом почвоведения и агрохимии СО РАН (разработчики Курачев В.М., Андроханов В.А.) [3] по обоснованию выбора почвенно-экологических параметров, необходимых для объективной оценки эффективности рекультивационных мероприятий также не нашли своего отражения в Положении. По-прежнему, при составлении Проектов рекультивации действия разработчиков должны опираться на существующие экологические, санитарно-гигиенические, строительные, лесохозяйственные и другие нормативы и стандарты, что ведет, как неоднократно было отмечено учеными и практиками, к невозможности проведения рекультивационных работ по новым более эффективным методикам. Необходима корректировка данного Положения с учетом предлагаемых учеными предложений.

Литература

1. Полохин О.В. Принципы, задачи и методы диагностики экологического и хозяйственного состояния нарушенных экосистем дальневосточного региона России. // Современные исследования в естественных науках: Материалы II Международной научной конференции. Владивосток. 2015. С. 194–198.

2. Polokhin O.V., Purtova L.N., Semal V.A., Sibirina L.A., Klyshevskaya S.V. Specifics of soil forming and vegetation restoration of man-made landscapes of the south of the Far East of Russia. // Life Science Journal. 2014. Vol. 11, № 12s. P. 438–441.

3. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / В.А.Андроханов, В.М. Курачев; отв. ред. А.И. Сысо. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.

THE STATE OF RECLAMATION OF MAN-MADE LANDSCAPES IN THE PRIMORSKY TERRITORY

O.V. Polokhin

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok, o.polokhun@mail.ru

Summary. *The situation with the implementation of remediation works to restore man-made landscapes of the mining industry in the Primorsky Territory was analyzed. It is shown that in Primorsky Territory there is actually no recultivation of disturbed territories. It was noted that the Draft Decree of the Government of the Russian Federation "On Approval of the Regulations on the Procedure for Reclamation and Conservation Practice" is to be amended.*

Keywords: *reclamation, man-made landscapes, Primorsky Territory*

УДК 631.4: 631.618

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Н.А. Соколова, Д.А. Соколов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, nasokolova30@yandex.ru

Аннотация. *Для мониторинга динамичных техногенных экосистем целесообразно использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Показателем, отражающим функционирование молодых почв, являются растительные сообщества, характеризуемые с помощью вегетационных индексов. Целью данного исследования является оценка пригодности индексов NDVI и SAVI для выявления экологического состояния участков техногенных экосистем. Экологическое состояние каждого участка определяли исходя из баллов бонитета для каждого типа почв и соотношения площадей эмбриоземов. Для характеристики почвенно-ландшафтных связей вегетационных индексов с баллами бонитета участков получена регрессионная функция.*

Ключевые слова: *техногенные экосистемы, эмбриоземы, балл бонитета, вегетационный индекс, почвенно-ландшафтные связи.*

Техногенные системы имеют специфическую способность к динамичному развитию, поскольку добыча полезных ископаемых идет нарастающими темпами. Соответственно, территории, занятые такими объектами, изменяются в короткие сроки. Поэтому для эффективного мониторинга таких экосистем целесообразно использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), позволяющих проследить изменение состояния поверхностных вод и растительности на ее поверхности путем оценки яркостных характеристик объектов на космических снимках. [1] Следует отметить, что водные объекты в таких случаях детектируются с высокой четкостью, что связано с поглощением водой почти всего излучения в ближнем инфракрасном спектре. [2] Однако в случае с растительностью все обстоит намного сложнее – это обусловлено различным содержанием влаги в зеленой массе, ботаническим составом растительности, различным проективным покрытием поверхности. В то же время именно растительность и ее характеристики дают наилучшее представление об экологическом состоянии ландшафта, его приближении к устойчивости в конкретных климатических и гидрологических условиях, поскольку восстановление продуктивности ландшафтов находится в созависимости от сукцессионных процессов [3]. Наиболее часто используемой характеристикой состояния растительности, получаемой с использованием космической информации, являются разнообразные вегетационные индексы. Самым распространенным является нормированный дифференциальный вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI), поскольку он прост в вычислении [4-5]. В случае же с разреженной растительностью, либо при угнетении фотосинтетической активности (а именно это и наблюдается часто в техногенных экосистемах) связь NDVI со свойствами растительности нарушается вследствие влияния свойств открытой почвы на спектральные характеристики яркости космоснимков. Для естественных объектов с неполным проективным покрытием растительностью предложен индекс SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) [6]. Однако данных о том, какой из индексов предпочтительнее для мониторинга техногенных экосистем, на данный момент крайне мало. В связи с этим целью данного исследования является оценка пригодности индексов NDVI и SAVI для выявления экологического состояния техногенных экосистем.

В качестве объекта исследования был выбран внешний транспортный отвал Горловского антрацитового месторождения, расположенный в Искитимском районе Новосибирской области. Отсыпка отвала осуществляется методом неселективного отвалообразования. На момент исследований отвал частично спланирован; отсыпан преимущественно техногенным элювием, локально – потенциально плодородными породами (каолиновыми глинами); подвержен самозарастанию. Почвенный покров отвала неоднороден, что обусловлено исходной

хаотичностью смеси пород, поступающих в отвал и мозаичностью субстратов, на которых происходит формирование почв. Исходя из этого, на конкретных участках развиваются молодые почвы, находящиеся на разных ступенях эволюции (эмбриоземы инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые) в различных площадных соотношениях. Экологическое состояние участков отвала разного времени отсыпки представляет собой спектр от неудовлетворительного до удовлетворительного, согласно [7]. Однако, в виду того, что возраст данного породного отвала превышает заданные рамки градации, предложено использовать количественную меру почвенно-экологического состояния в форме баллов бонитета молодых почв, рассчитанных по методу, предложенному [8]. Согласно этому методу, по каждому из показателей для молодой почвы рассчитывается коэффициент специфичности данной почвы по отношению к зональной почве (в данном случае – чернозем выщелоченный), формирующейся на целинных участках поблизости от отвала. В качестве основного критерия для оценки почвенно-экологического состояния стандартно принимается наличие определенного типодиагностического горизонта. Однако, поскольку накопление педогенного углерода в молодых почвах замедлено, было решено в том числе учитывать коэффициенты специфичности по нескольким характеристикам минеральной основы: содержание физической глины, емкость катионного обмена, плотность сложения почвообразующей породы. Коэффициенты специфичности рассчитывались из отношения физических и физико-химических параметров эмбриоземов к таковым у зональной почвы, выраженном в процентах, за исключением коэффициента специфичности по плотности. Это связано с тем, что ввиду высокой каменистости молодых почв и проведения планировки на участках отвала плотность сложения эмбриоземов значительно превышает естественную плотность корнеобитаемого слоя черноземов, что препятствует развитию растительности и восстановлению экологических функций. Поэтому коэффициент специфичности по плотности сложения рассчитывался из отношения плотности чернозема к плотности эмбриоземов (обратное отношение).

Для вычисления вегетационных индексов были выбраны многоканальные снимки с космического аппарата Sentinel-2 и предоставленные в открытый доступ Европейским космическим агентством (ESA)(сцена от 26.08.2016 г.). Снимки с разрешением 10 м в видимой и ближней инфракрасной зоне спектра были подвержены атмосферной и ортокоррекции с помощью модуля Semi-Automatic Classification в среде QGIS. Там же были вычислены вегетационные индексы. Индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) рассчитан из соотношения разности и суммы яркости отражений в ближнем инфракрасном и видимом красном спектре по формуле:

$$NDVI = (NIR – R)/(NIR + R),$$

где NIR – спектральный отклик в ближнем инфракрасном спектре, R – спектральный отклик в видимом красном спектре.

Индекс SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) рассчитан по схожей формуле, но с использованием корректирующего фактора L, который был введен Huete [6] для приведения индекса при разреженной растительности к виду NDVI:

$$SAVI = ((NIR – R)/(NIR + R + L))x(1+ L),$$

где NIR – спектральный отклик в ближнем инфракрасном спектре, R – спектральный отклик в видимом красном спектре, L – корректирующий фактор (в данном случае L при вычислении индекса SAVI был взят за 0,55).

Для определения баллов бонитета почв на ключевых участках с глубины 0–10 см каждого типа эмбриоземов взяты образцы для анализа содержания мелкозема, гранулометрического состава мелкозема, плотности естественного сложения, содержания гумуса, емкости катионного обмена. Анализы проведены по общепринятым в почвоведении методам [9–13].

Средний коэффициент специфичности рассчитывали как среднее арифметическое по всем четырем коэффициентам специфичности данного типа эмбриоземов по отношению к зональной почве. Балл бонитета выщелоченного чернозема в работах по бонитировке почв Новосибирской области принят за 100, поэтому балл бонитета эмбриозема в этом случае численно равен коэффициенту специфичности, выраженному в процентах. Таким образом, для каждо-

го типа почв (эмбриозем инициальный, органо-аккумулятивный на техногенном элювии, дерновый на техногенном элювии, дерновый на неогеновых глинах, органо-аккумулятивный на неогеновых глинах) определено эталонное экологическое состояние (в баллах) (таблица).

Свойства эмбриоземов, определяющие их бонитет

Тип почв	Гумус, %	Кс гум	ФГ, %	Кс ФГ	Плотность, г/см^3	Кс пл	ЕКО, мг-экв/ 100г	Кс ЕКО	КС сред	Бэ
Эи	2,89	0,24	5,56	0,10	2,17	0,51	12,0	0,29	0,28	28,43
Эоа тэ	2,87	0,24	6,57	0,12	1,90	0,58	16,4	0,39	0,33	33,30
Эд тэ	3,28	0,27	11,23	0,20	1,86	0,59	22,0	0,53	0,40	39,94
Эд нг	2,59	0,22	33,30	0,61	1,51	0,73	38,0	0,91	0,62	61,57
Эоа нг	1,67	0,14	33,30	0,61	1,51	0,73	38,0	0,91	0,60	59,66

Примечание. Кс гум – коэффициент специфичности по содержанию гумуса; ФГ – содержание физической глины; Кс ФГ – коэффициент специфичности по содержанию физической глины; Кс пл – то же по плотности сложения; ЕКО – емкость катионного обмена; Кс ЕКО – коэффициент специфичности по ЕКО; Кс сред – усредненный коэффициент специфичности по отношению к выщелоченному чернозему; Бэ – балл бонитета эмбриозема; Эи – эмбриозем инициальный; Эоа тэ – эмбриозем органо-аккумулятивный на техногенном элювии; Эд тэ – эмбриозем дерновый на техногенном элювии; Эд нг – эмбриозем дерновый на неогеновых глинах; Эоа нг – эмбриозем органо-аккумулятивный на неогеновых глинах.

Исследования соотношения площадей эмбриоземов проведены в 30 точках с геопривязкой при помощи прибора геопозиционирования Garmin по нерегулярной сетке. На основании соотношения площадей и эталонных баллов бонитета рассчитан количественный показатель почвенно-экологического состояния для каждой точки по формуле:

$$ПЭС = \frac{Кс_1П_1 + Кс_2П_2 + ...КспПп}{П_1 + П_2 + ...Пп},$$

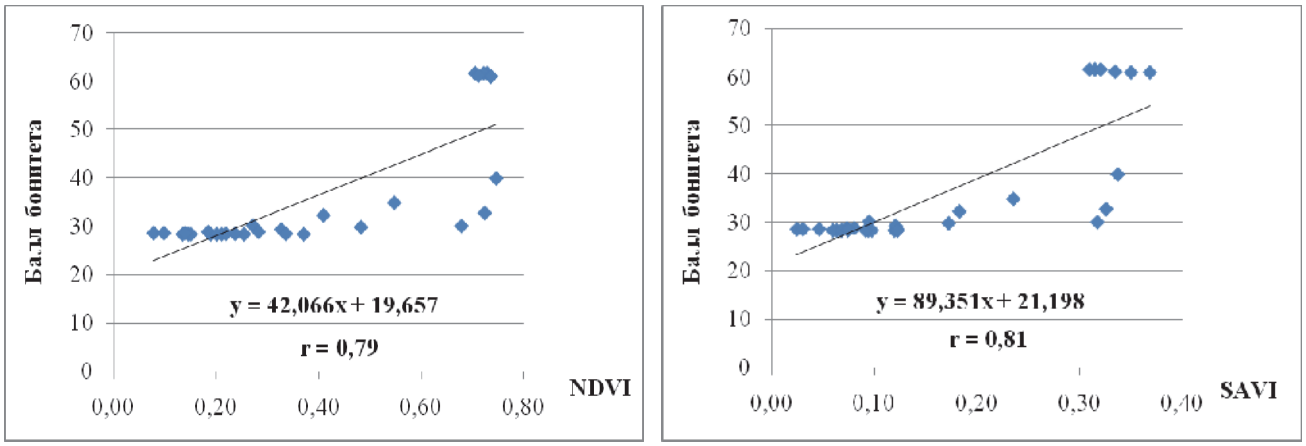
где ПЭС – почвенно-экологическое состояние, $Кс_{1,2\ ...n}$ – коэффициент специфичности каждой отдельной почвы встречающейся на участке, в процентах; $П_{1,2\ ...n}$ – площадь отдельной почвы, в процентах от общей площади участка.

Различия в ботаническом составе и степени проективного покрытия поверхности для разных типов молодых почв обуславливают разницу в яркости спектрального отклика на космических снимках, особенно в области инфракрасного спектра, поскольку живая растительность содержит определенное количество влаги, обладающей избирательным поглощением именно в этой части диапазона. Таким образом, фитоценозы, соответствующие градациям эволюции эмбриоземов, представлены рядом из пионерных, простых рудеральных, и сложных растительных группировок с разной степенью проективного покрытия поверхности. Для эмбриоземов инициальных характерно слабое развитие растительности, представленное единичными экземплярами рудералов (мать-и-мачеха, одуванчик, донник лекарственный) и отсутствием на поверхности растительных остатков (ветоши). Проективное покрытие в таких случаях обычно не превышает 15–20%.

Органо-аккумулятивным эмбриоземам соответствуют, как правило, простые растительные группировки с участием травянистых растений из семейства бобовых (донник лекарственный, донник белый, клевер луговой, чина Гмелина) и злаковых (ежа сборная, полевица). Органно-аккумулятивные эмбриоземы формируются также под разреженной древесной растительностью, имеющей более грубый опад (береза, сосна, тополь, ива). На поверхности таких участков наблюдается присутствие органических остатков в виде ветоши, подстилки, а проективное покрытие достигает 70%.

Дерновые эмбриоземы формируются под сложными растительными формациями, в составе которых преобладают растения из семейств злаков (ежа сборная, кострец безостый, полевица тонкая, мятлик обыкновенный), встречаются бобовые (клевер луговой, донник лекарственный) и сложноцветные (нивяник обыкновенный, чертополох, полыни). На поверхности таких эмбриоземов благодаря доминированию злаков формируется дернина, а проективное покрытие достигает 90%.

Для характеристики неоднородности почвенного покрова отвала путем отслеживания сукцессионной смены растительности исследована связь вегетационных индексов с полученными баллами бонитета почв. Полученная функция была аппроксимирована к регрессионной (см. рис. 1).



а *б*

Рис. 1. Регрессионные функции баллов бонитета почв от величины вегетационных индексов:
а – NDVI; б – SAVI

На рисунке заметно, что группа точек выбивается из общего тренда. Это можно объяснить тем, что данные участки расположены в местах локальной отсыпки каолиновыми глинами, имеющими более благоприятные физические свойства, а соответственно, характеризуются более высокими значениями бонитета. Можно отметить, что на участках, в составе почвенного покрова которых преобладают инициальные эмбриоземы, значения индекса NDVI не превышает 0,3, а SAVI 0,12. На площадках, где было отмечено присутствие дерновых эмбриоземов, величины значений индексов превышают 0,7 и 0,3, соответственно.

Таким образом, оба индекса демонстрируют тесную положительную корелляционную связь со свойствами растительности. В то же время вегетационный индекс SAVI более жестко связан с растительностью на техногенных объектах, а потому адекватнее отражает почвенно-экологическое состояние, нежели более популярный NDVI.

Выводы:

1. Почвенно-экологическое состояние конкретных участков техногенных объектов можно выразить количественно через баллы бонитета молодых почв отвалов и соотношение площадей этих почв.

2. Вегетационные индексы демонстрируют тесную положительную связь со свойствами почв на ключевых участках исследования.

3. Для целей мониторинга техногенных объектов индекс SAVI предпочтительнее, нежели NDVI, поскольку он более тесно связан с нарушенной растительностью и почвенными свойствами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-04-00836_а).

Литература

1. Сутырина Е.Н. Дистанционное зондирование Земли: учеб. пособие. Иркутск, Изд-во ИГУ, 2013. С. 124-139.

2. Злобина Т.Г. Создание ГИС водных объектов по материалам космической съемки // Геоматика. 2013. № 3. С. 33–35.

3. Соколов Д.А., Кулижский С.П. Сингенетичность формирования растительного покрова и окислительно-восстановительных систем в почвах отвалов каменноугольных разрезов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 1. С. 22–29.

4. Гопп Н.В., Куликова Е.А., Пестунов И.А., Синявский Ю.Н., Смирнов В.В. Распознавание формаций лесной растительности с близкими спектрально-яркостными характеристиками по данным съемки со спутника Landsat 7 ETM+ // Вычислительные технологии. 2007. Т. 12, вып. 2. С. 194–201.

5. Гопп Н.В., Смирнов В.В. Использование вегетационного индекса (NDVI) для оценки запасов надземной фитомассы тундровых сообществ растений // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2009. Т. 4, № 1. С. 187–191.

6. Huete A.R. Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) // Remote Sensing of Environment. 1988. v. 25. P. 295–309.

7. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.

8. Госсен И.Н., Кулижский С.П., Данилова Е.Б., Соколов Д.А. Бонитировочный подход к оценке почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Сибири (на примере отвалов антрацитовых, каменноугольных и буроугольных месторождений) // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2016. № 2. С. 71–82.

9. Соколов А. В., Аскинази Д. Л. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1965. 436 с.

10. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.

11. Вадюнина А. Ф. Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высш. шк., 1973. 400 с.

12. Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд-во Ак. наук. СССР, 1958. 192 с.

13. Теории и методы физики почв / под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. М.: Гриф и К, 2007. 616 с.

USING OF VEGETATION INDICES FOR EVALUATION OF SOIL-ECOLOGY CONDITION OF MAN-CAUSED LANDSCAPES

N.A. Sokolova, D.A. Sokolov

Institute of soil science and agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, nasokolova30@yandex.ru

Summary. *For monitoring dynamic man-caused ecosystems using the remote sensing data is advisable. Parameter reflecting the young soils functioning is plant associations, characterizing by vegetation indices. The goal of research is evaluation of suitability of NDVI and SAVI indices for revealing the ecologic condition of sites of man-caused ecosystems. Ecologic condition of each site determined by bonus point for each soil type and ratio of soil areas. For characterizing the soil-landscape relations the regression function between vegetation indices and bonus points was found.*

Keywords: *man-caused ecosystems, embryozems, bonus points, vegetation index, soil-landscape relation.*

УДК 631.42

СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ УРБОПОЧВ ГОРОДА РОСТОВ-НА-ДОНУ

С.С. Тагивердиев, О.С. Безуглова, С.Н. Горбов, В.С. Титаренко

Южный федеральный университет, Россия, Ростов-на-Дону, ti.vlad11@gmail.com

Аннотация. *На примере города Ростова-на-Дону рассмотрено структурное состояние почв, подверженных урбопедогенезу. Сравниваются почвы, испытывающие различную степень антропогенной нагрузки, приведена оценка структурного состояния исследуемых почв. Анализ структуры почвы проводился методом Савинова, оценка структуры давалась по шкале Долгова-Бахтина. В результате исследования выявлена зависимость структуры почвы и водопрочности агрегатов от степени антропогенной нагрузки, описана структура почв городской агломерации.*
Ключевые слова: *Ростовская агломерация, урбостратоземы, чернозем миграционно-сегрегационный, структура почвы.*

В экологии городов почвы выполняют важную, но недостаточно оцененную, роль. Особенно мало внимания уделяется физическим свойствам городских почв и такому важному качеству, как структура. Структура почвы не только обуславливает тепловой и водно-воздушный режимы почвы, но также способствует нейтрализации и преобразованию различных поллютантов, противостоит процессам почвенной деградации. Тем самым структура почв в городских агломерациях участвует в выполнении одной из вжнейших экологических функций – протекторной.

Для анализа структурно-агрегатного состава были взяты следующие образцы почвы по профилю основных типов почв Ростовской агломерации: чернозем миграционно-сегрегационный мощный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке (нативная почва); экранированный урбостратозём на погребенном чернозёме бескарбонатном мощном темногумусовом тяжелосуглинистом на лессовидном суглинке (экранозём); чернозем урбистратифицированныймиграционно-сегрегационный малогумусный карбонатный мощный тяжелосуглинистой на желто-буром лессовидном суглинке (реплантозём). Структурный анализ почвы проводили методом Н.И.Савинова, включающем сухое и мокрое просеивание. Оценку структурного состояния проводили по шкале Долгова-Бахтина, как наиболее подходящей для условий черноземной зоны [1].

Результаты сухого и мокрого просеивания, полученные в ходе анализа, представлены в таблице 1. Из результатов сухого просеивания следует, что в нативной почве высокое содержание агрономически ценных фракций, размер которых ограничивается 7–0,25 мм, приурочено к гумусово-аккумулятивным горизонтам. В нижележащих карбонатных горизонтах содержание данной фракции заметно снижается. В целом, для нативной почвы характерно более равномерное распределение структурных фракций на уровне горизонтов с преобладанием мелкозернистых агрегатов [2].

Структура почвенных горизонтов экранозёма характеризуется оценками «хорошо» и «удовлетворительно». В условиях экранированного урбопедогенеза отчётливо заметно увеличение массовой доли агрегатов размерностью >10 мм и <0,25 мм, из чего можно сделать вывод о том, что при интенсивном уплотнении почвенной толщи агрономически ценные структурные отдельности трансформируются в глыбистые и пылеватые фракции. Данное явление было выявлено в ряде других научных работ [2, 3]. Распределение структурных фракций на уровне почвенных горизонтов идёт неравномерно.

Реплантозём, несмотря на отсутствие экранного слоя, отличается наихудшим структурным состоянием с явным преобладанием доли глыбистых агрегатов, достигающей аномально высоких значений в отдельных горизонтах (В1, ВС, B_{ca}). В тоже время, содержание пылеватых фракций варьирует в пределах минимальных значений с увеличением их процентного содержания вниз по профилю.

Условия антропогенеза негативно сказываются на структуре почвы – механическое разрушение агрегатов, уплотнение почвы, а в случае экранизации возникают резкие изменения

водно-воздушного режима. Следствием данных явлений является потеря водопрочности агрегатов, о чём свидетельствуют данные мокрого просеивания. В экранозёме и реплантозёме значительную массовую долю структуры горизонтов составляют пылеватые фракции. Водопрочность структуры данных почвенных образцов характеризуется оценками «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Структурное состояние почв городской агломерации

Название почвы	Горизонт, глубина (см)	Фракции > 10 мм	Фракции 10-7 мм	Сумма агрономически ценных фракций (7-5 мм)	Фракции < 0,25 мм	Оценка	Сумма водопрочных фракций (5-0,25 мм)	Фракции < 0,25 мм	Оценка
Экранозём	UR1 5-50	25,10	10,74	56,64	7,52	хорошее	10,95	89,05	плохое
	UR2 50-70	13,38	7,82	66,40	12,41	хорошее	50,23	49,77	удовл.
	UR3 70-88	24,75	7,90	54,88	12,46	хорошее	26,95	73,05	неудовл.
	UR4 88-100	7,21	6,82	80,17	5,80	отличное	52,03	47,97	удовл.
	A погр. 100-140	5,13	3,77	86,58	4,52	отличное	51,06	48,94	удовл.
	B1 140-170	16,20	12,74	67,05	4,01	отличное	51,19	48,81	удовл.
	B2 170-200	27,04	11,96	55,13	5,87	хорошее	51,36	48,64	удовл.
Чернозём	Ad 0-15	6,41	4,43	81,25	7,92	отличное	61,46	38,54	хорошее
	A 15-55	7,34	7,58	78,27	6,81	отличное	56,20	43,80	хорошее
	B1 55-75	12,65	9,58	68,94	8,82	хорошее	50,62	49,38	удовл.
	B2 75-100	26,98	14,23	52,25	6,55	хорошее	51,03	48,97	удовл.
Реплантозём	RAT1 (d) 0 5	18,97	17,31	60,41	3,31	хорошее	70,04	29,96	хорошее
	RAT2 5-22	23,12	14,34	59,45	3,09	хорошее	39,53	60,47	неудовл.
	B1 22-35	45,25	9,62	39,58	5,55	удовл.	37,42	62,58	неудовл.
	B2 35-55	23,74	11,18	56,98	8,10	хорошее	38,80	61,20	неудовл.

Вероятно, свою негативную роль играет тот факт, что при экранировании почвы в ней снижается содержание гумуса [4], способствующего сохранению водопрочности структурных отдельностей.

В случае с нативной почвой картина мокрого просеивания обстоит иначе: преобладание структурных фракций размером 5–0,25 мм обеспечивает достаточно высокую водопрочность агрегатов. Снижение качества структуры почвы наблюдается лишь в глубинных горизонтах.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: в урбопочвах значительно возрастает доля глыбистой фракции; ухудшается водопрочность структуры вследствие разрушения агрегатов, уплотнения почвы и ухудшения водно-воздушного режима. Наиболее ярко вышеперечисленные негативные последствия проявляются при экранировании почвы.

Исследование выполнено в рамках инициативного научного проекта базовой части государственного задания Минобрнауки России (шифр 6.6222.2017/БЧ) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета, и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-00592.

Литература

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1961. 345 с.
2. Тагивердиев С.С., Горбов С.Н., Безуглова О.С., Котик М.В. Деградация физических свойств почв черноземной зоны в условиях города // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2016. Т. 18, № 2. С. 226–229.
3. Тагивердиев С.С., Безуглова О.С., Горбов С.Н. Структурное состояние антропогенно-преобразованных почв разных зон землепользования Ростовской агломерации // Фундаментальные исследования, 2015. № 8 (ч. 1). С. 47–53.
4. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Специфика органического вещества почв Ростова-на-Дону // Почвоведение. 2014. № 8. С. 1–11.

THE STRUCTURAL STATE OF SOILS IN THE CITY OF ROSTOV-ON-DON

S.S. Tagiverdiev, O.S. Bezuglova, S.N. Gorbov, V.S. Titarenko

Southern Federal University, Rostov-on-Don, ti.vlad11@gmail.com

Summary. *On the example of the city of Rostov-on-Don the structural state of soils exposed to urbopedogenezis is considered. The soils experiencing different degree of anthropogenic load are compared, the structural state of the studied soils is estimated. Analysis of the soil structure was carried out by Savinov's method, the structure was assessed on the Dolgov-Bakhtin's scale. As a result of the study, the dependence of soil structure and water-stability of aggregates on the degree of anthropogenic load was revealed, the structure of soils of urban agglomeration was described.*

Keywords: *Rostov agglomeration, urbostratozems,chernozems migration and segregation,soil structure.*

УДК 631.618

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ГОРЛОВСКОГО АНТРАЦИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.Е. Шуклина[1], Н.А. Соколова[2], С.Е. Худяков[1], И.Н. Госсен[2], Д.А. Соколов[2]

[1] Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск, shuklinaa@list.ru
[2] Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, sokolovdenis@mail.ru

Аннотация. *Выявлены особенности дифференциации гранулометрического состава эмбриоземов отвалов Горловского антрацитового месторождения. Посредством определения содержания в почвах каменистых фракций, мелкозема и тонкодисперсных частиц дана оценка влиянию различных факторов на формирование гранулометрического состава. Показана роль геогенно-обусловленных факторов (характера почвообразующих пород и рельефа). Установлено, что влияние биологического фактора на дифференциацию гранулометрического состава эмбриоземов усиливается в процессе эволюции почв, при смене фитоценозов в ряду от пионерных растительных группировок до простых и далее до сложных. Однотипные эмбриоземы, сформированные под различными типами растительности, хотя и отличаются по содержанию и составу мелкозема, тем не менее, по содержанию физической глины, в пересчете на всю массу почв, статистически достоверных различий не демонстрируют.*

Ключевые слова: *почвы техногенных ландшафтов, рекультивация, эмбриоземы, мелкозем, крупнозем, физическая глина, дезинтеграции обломков горных пород.*

Вопросы, связанные с особенностями гранулометрического состава почв, всегда были и остаются актуальными в исследованиях, посвященных отвалам угольных месторождений [1, 2]. Во-первых, потому что содержание фракций мелкозема и физической глины является одним из основных показателей, определяющих почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов [3, 4]. Во-вторых, соотношения фракций скелетной и дисперсной частей каменистых почв являются достаточно динамичными, поскольку находятся в зависимости от процессов дезинтеграции и партлювации [5, 6].

Особенности гранулометрического состава почв техногенных ландшафтов неоднократно отмечались и были детально описаны в ряде научных публикаций [2, 5–8]. Большая их часть посвящена эмбриоземам, сформированным на плотных осадочных породах, представленных отвалами каменноугольных месторождений. Было установлено, что накопление песчаных фракций в таких почвах осуществляется посредством физического и биофизического разрушения обломков, в то время как за аккумуляцию тонких частиц отвечают биохимическое и химическое выветривание [2]. Существуют исследования по выявлению закономерностей трансформации гранулометрического состава в зависимости от стадии эволюции [5] и климатических особенностей формирования эмбриоземов [6]. Тем не менее, остаются недостаточно освещенными вопросы, связанные с влиянием рельефа, растительности и почвообразующих пород. Особенно это касается почв техногенных ландшафтов антрацитовых месторождений, характеризующихся более высокой степенью метаморфизации исходного субстрата [9, 10].

Поэтому целью исследования является оценка влияния различных факторов на трансформацию гранулометрического состава почв отвалов антрацитовых месторождений.

В качестве объектов исследования были выбраны одновозрастные участки Нагорного отвала Горловского разреза, расположенного в Искитимском районе Новосибирской области. Исследуемые участки сложены техногенным элювием плотных осадочных пород, которые представлены смесью сильно метаморфизированных аргиллитов, алевролитов и песчаников. Часть из исследуемых участков была рекультивирована. В одних случаях рекультивация осуществлялась посредством планирования участка. В других, на предварительно выровненную поверхность наносились потенциально плодородные породы, представленные глинами

мел-палеогеновой коры выветривания. В результате рельеф отвала выглядит или как горизонтальная спланированная, или как бугристая поверхность. Биологическая рекультивация на отвале не проводилась. В связи с этим формирование растительных сообществ на поверхности осуществляется посредством самовосстановления. Следует отметить приуроченность луговых (травянистых) сообществ к спланированным поверхностям и древесных к участкам с бугристым рельефом, за исключением тех, которые отсыпаны глинами. В составе почвенного покрова, согласно профильно-генетической классификации почв техногенных ландшафтов [11], были выделены три типа эмбриоземов – инициальные, органо-аккумулятивные и дерновые. На спланированных участках, занятых травянистой растительностью, каждому типу почв соответствует определенное растительное сообщество. Так, под пионерными сообществами формируются инициальные, под простыми растительными группировками – органо-аккумулятивные, под сложными фитоценозами – дерновые эмбриоземы. Кроме того, органо-аккумулятивные эмбриоземы свойственны также для участков, занятых лесными сообществами.

Оценка гранулометрического состава осуществлялась в два этапа. На первом ситовым методом производилось фракционирование крупнообломочной части и устанавливалось содержание мелкозема в почвах. На втором этапе пипеточным методом [12] осуществлялся гранулометрический анализ мелкозема.

Полученные результаты показывают, что все исследуемые почвы, за исключением дерновых эмбриоземов на глинах, характеризуются сильно каменистым составом (табл. 1). Максимальная каменистость отмечается в инициальных эмбриоземах, поскольку разрушение крупных обломков до мелкозема осуществляется здесь только за счет физического выветривания, в результате процессов промерзания-оттаивания и высушивания-увлажнения. Наиболее выражена физическая дезинтеграция на участках с бугристым рельефом (ЭИб), где отмеченные выше процессы протекают интенсивнее вследствие более низкой исходной плотности субстратов.

Таблица 1

Фракционный состав крупнозема исследуемых почв

Тип почв	Глубина, см	Доля фракций диаметром (мм), %				
		>10	5–10	3–5	1–3	<1
Эмбриозем инициальный спланированный участок (ЭИс)*	0–10	44,5	19,2	16,1	12,8	7,4
	10–20	62,2	14,7	9,8	8,1	5,2
Эмбриозем инициальный бугристый участок (ЭИб)	0–10	30,7	12,5	11,4	19,3	26,2
	10–20	44,4	13,9	9,9	13,4	18,4
Эмбриозем органо-аккумулятивный под луговой (травянистой) растительностью (ЭОАт)	0–10	36,9	13,3	9,5	15,5	24,8
	10–20	52,7	12,7	8,7	10,2	15,7
Эмбриозем органо-аккумулятивный под лесной растительностью (ЭОАл)	0–10	17,3	17,1	13,7	22,2	29,8
	10–20	67,0	9,8	5,4	6,5	11,3
Эмбриозем дерновый на плотных породах (ЭДп)	0–10	19,4	17,7	15,9	22,3	24,7
	10–20	31,4	16,3	15,0	18,9	18,3
Эмбриозем дерновый на глинах (ЭДг)	0–10	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	10–20	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0

* Цветом выделены эмбриоземы последовательных стадий эволюции почв (от инициальной до дерновой), сформированных на плотных породах под травянистой растительностью и на спланированной поверхности.

Процесс биофизической дезинтеграции, реализующийся в почвах посредством действия корней растений, обеспечивает уменьшение содержания каменистых фракций в профилях органо-аккумулятивных (ЭОАт) и дерновых эмбриоземов (ЭДп). При этом доля мелкозема во фракционном составе эмбриоземов увеличивается. Так, в почвах, сформированных на плотных породах, максимальное содержание мелкозема было отмечено в слое 0–10 см органо-аккумулятивных эмбриоземов лесных участков (ЭОАл). Можно предположить, что кор-

невые системы древесной растительности способствуют более активному разрушению каменистых отдельностей. Однако в слое 10–20 см доля мелкозема во фракционном составе уступает таковой эмбриоземов участков, занятых травянистой растительностью (ЭОАт и ЭДп).

Как было отмечено выше, за накопление в исследуемых почвах фракций физической глины отвечают процессы химического и биохимического выветривания [2]. В первом случае разрушение осуществляется под воздействием углекислоты, выделяемой корнями растений или при окислении органических веществ почв [13, 14]. Во втором – посредством органоминеральных взаимодействий. Наиболее интенсивно эти процессы проявляются на поздних стадиях эмбриогенеза, что подтверждается утяжелением гранулометрического состава (табл. 2) в эволюционном ряду почв спланированных участков (ЭИс – ЭОАт – ЭДп). Легкосуглинистый состав мелкозема характерен также для органо-аккумулятивного эмбриозема, сформированного под лесной растительностью (ЭОАл).

Кроме того, во всех исследуемых почвах мелкозем нижней части профиля имеет более тяжелый состав по сравнению с таковым верхней. Это, по всей видимости, свидетельствует о проявлении в эмбриоземах элювиальных процессов.

Таблица 2

Гранулометрический состав мелкозема исследуемых почв

Тип почв	Глубина, см	Доля фракций диаметром (мм), %						Физ. песок >0,01	Физ. глина <0,01
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001		
ЭИс*	0–10	36,9	30,0	9,3	0,8	10,6	12,4	76,2	23,8
	10–20	35,9	33,6	1,9	4,8	8,0	15,9	71,4	28,6
ЭИб	0–10	20,1	24,3	17,9	1,4	20,9	15,4	62,3	37,7
	10–20	24,6	30,2	4,0	9,2	16,9	15,1	58,8	41,2
ЭОАт	0–10	17,6	41,9	10,1	5,0	8,7	16,7	69,6	30,4
	10–20	19,0	39,8	8,6	4,7	9,7	18,2	67,4	32,6
ЭОАл	0–10	31,7	38,6	8,2	4,6	6,4	10,6	78,5	21,5
	10–20	17,4	37,1	14,1	4,9	8,6	17,9	68,6	31,4
ЭДп	0–10	23,3	28,1	10,4	4,0	10,9	23,4	61,7	38,3
	10–20	13,6	30,4	10,3	4,3	11,8	29,7	54,2	45,8
ЭДг	0–10	2,7	13,2	24,5	7,1	16,3	36,2	40,5	59,6
	10–20	0,6	25,2	13,2	12,0	10,6	38,3	39,0	61,0

* Расшифровка обозначений приведена в табл. 1.

Тем не менее, отмеченные особенности гранулометрического состава мелкозема не могут характеризовать почвы в целом, поскольку содержание физической глины (ввиду их высокой каменистости) остается на крайне низком уровне (см. рис.). Так, минимальное содержание тонкодисперсных фракций в почвах спланированных участков свойственно для инициальных эмбриоземов (ЭИс), где оно не превышает 2%. В органо-аккумулятивных (ЭОАт) и дерновых эмбриоземах (ЭДп) оно увеличивается в среднем в 4 и 5 раз, соответственно. Исключением являются дерновые эмбриоземы на глинах (ЭДг).

Оценивая одноименные типы почв, сформированные на различных элементах рельефа, можно отметить, что инициальные эмбриоземы бугристых участков (ЭИб) по содержанию физической глины приближаются к дерновым (ЭДп). Этому способствуют: во-первых, исходно более низкая плотность субстрата, определяющая высокую интенсивность процессов физической дезинтеграции; во-вторых, миграция тонких частиц и их последующая локальная аккумуляция в понижениях. Несмотря на различное содержание каменистых фракций (табл. 1) и физической глины в мелкоземе (табл. 2) органо-аккумулятивных эмбриоземов, в целом в почвах содержание тонких фракций остается на одном уровне.

Отмеченные особенности подтверждаются также результатами дисперсионного анализа факторных средних. Они показывают, что на содержание физической глины в эмбриоземах

оказывает существенное влияние способ отсыпки и формирования отвала (табл. 3), а также исходный гранулометрический состав почвообразующего субстрата. В то же время, тип растительности не оказывает существенного влияния на содержание физической глины в профиле эмбриозема, однако определяет дальнейшее направление эволюции вследствие специфики формирования органогенного горизонта.

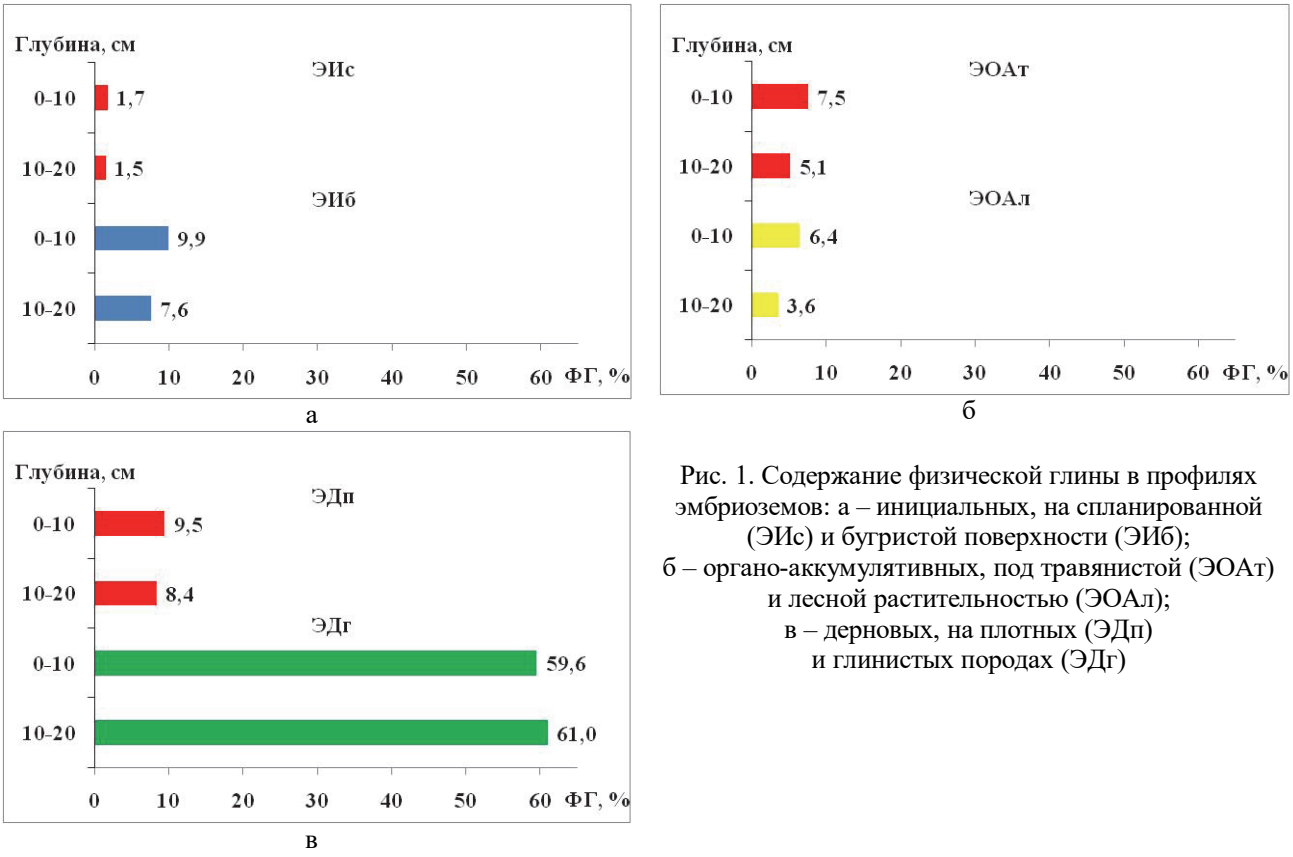


Рис. 1. Содержание физической глины в профилях эмбриоземов: а – инициальных, на спланированной (ЭИс) и бугристой поверхности (ЭИб); б – органо-аккумулятивных, под травянистой (ЭОАт) и лесной растительностью (ЭОАл); в – дерновых, на плотных (ЭДп) и глинистых породах (ЭДг)

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа факторных средних по содержанию физической глины в исследуемых эмбриоземах

Вариант	M	s	m	Наименьшая существенная разница	
	Содержание физ. глины, %			Значимо?	$НСР_{05}$
Способ отсыпки участка					
Эмбриозем инициальный бугристый участок (ЭИб)	8,71	1,63	0,15	Контроль	
Эмбриозем инициальный спланированный участок (ЭИс)	1,61	0,20	0,14	Да!	4,98
Тип растительности					
Эмбриозем органо-аккумулятивный под травянистой растительностью (ЭОАт)	6,33	1,72	1,22	Контроль	
Эмбриозем органо-аккумулятивный под лесной растительностью (ЭОАл)	4,98	2,02	1,43	Нет!	8,07
Тип субстрата					
Эмбриозем дерновый на плотных породах (ЭДп)	8,92	0,76	0,54	Контроль	
Эмбриозем дерновый на глинах (ЭДг)	60,28	1,03	0,73	Да!	3,91

Заключение. Таким образом, исследование гранулометрического состава почв отвалов антрацитовых месторождений показало, что на процессы его трансформации в первую очередь оказывают влияние геогенно-обусловленные факторы. Прежде всего, это рельеф, опре-

деляющий интенсивность процессов выветривания и перераспределения его продуктов. Кроме того, невыровненные участки характеризуются меньшей исходной плотностью субстрата, что также сказывается на скорости дезинтеграции обломочного материала отвалов. Не менее важную роль в формировании молодых почв играет исходный состав почвообразующих пород.

Влияние биологического фактора на дифференциацию гранулометрического состава эмбриоземов антрацитовых месторождений усиливается в эволюционном ряду почв, при трансформации сообществ от пионерных до простых, а затем до сложных растительных группировок. Органо-аккумулятивные эмбриоземы, сформированные под различными типами растительности, отличаются по содержанию и составу мелкозема. Однако, в пересчете на всю массу почв, содержание тонкодисперсных частиц статистически достоверных различий не демонстрирует.

Определенную роль в дифференциации гранулометрического состава играет также климатический фактор, реализующийся в эмбриоземах посредством развития элювиальных процессов. В мелкоземе всех исследуемых почв отмечено повышение содержания физической глины вниз по профилю.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-04-00836_а).

Литература

1. Рагим-заде Ф.К. Техногенные элювии вскрышных пород угольных месторождений Сибири, оценка их пригодности для восстановления почвенного покрова: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск: 1977. 22 с.

2. Кусов А.В. Гранулометрическая диагностика внутрипочвенного выветривания обломочного материала в техногенных ландшафтах // Сибирский экологический журнал. 2007. № 5. С. 837–842.

3. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 151 с.

4. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.

5. Госсен И.Н., Беланов И.П. Гранулометрический состав эмбриоземов в техногенных ландшафтах лесостепной зоны Кузбасса // Сибирский экологический журнал. 2011. № 5. С. 713-718.

6. Соколов Д.А., Кулижский С.П., Доможакова Е.А., Госсен И.Н. Особенности формирования почв техногенных ландшафтов в различных природно-климатических зонах юга Сибири // Вестник Томского гос. ун-та. 2012. №364. С. 225-229.

7. Шипилова А.М., Беланов И.П., Андроханов В.А. Техногенез и экогенез почвенного покрова промышленно развитого региона. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. 220 с.

8. Семина И.С., Беланов И.П., Шипилова А.М., Андроханов В.А. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 396 с.

9. Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. 604 с.

10. Госсен И.Н., Кулижский С.П., Данилова Е.Б., Соколов Д.А. Бонитировочный подход к оценке почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Сибири (на примере отвалов антрацитовых, каменноугольных и буроугольных месторождений) // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2016. № 2. С. 71–82.

11. Курачев В.М. Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3 С. 255–261.

12. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд-во Ак. наук. СССР, 1958. 192 с.

13. Соколов Д.А. Окислительно-восстановительные процессы в почвах техногенных ландшафтов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск: 2009. 18 с.

14. Androkhanov V.A., Sokolov D.A. Fractional composition of redox systems in the soils of coal mine dump // Eurasian Soil Science. 2012. Т. 45. № 4. PP. 399–403.

EVALUATION OF THE FACTORS OF THE GRANULOMETRIC COMPOSITION DIFFERENTIATION IN THE SOILS OF MAN-CAUSED LANDSCAPES OF THE GORLOVSKY ANTRACITE FIELD

A.E. Shuklina[1], N.A. Sokolova[2], S.E. Khudyakov[1], I.N. Gossen[2], D.A. Sokolov[2]

[1] Siberian state university of geosystems and technologies, Novosibirsk, shuklinaa@list.ru
[2] Institute of soil science and agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, sokolovdenis@mail.ru

Summary. *The features of the granulometric composition differentiation in embriozems on dumps of the Gorlovsky anthracite field are revealed. By determining the content of rocky fractions, dust and fine-dispersed particles in soils, the influence of various factors on the forming of the granulometric composition is evaluated. The role of geogenically-caused factors (the nature of soil-forming rocks and the relief) is shown. It is defined that the influence of the biological factor on the differentiation of the granulometric composition of embryozems is enhanced during the evolution of soils, when phytocenoses change in a series from pioneer plant groups to simple ones and then to complex ones. Similar embryozems formed under different types of vegetation, although differ in the content and composition of dust, nevertheless, do not demonstrate statistically significant differences in the content of physical clay, in terms of the entire mass of soils.*

Keywords: *soils of man-caused landscapes, reclamation, embryozems, dust, coarse fraction, physical clay, disintegration of rock fragments.*

СЕКЦИЯ 6.
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

УДК 631.434: 631.474

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ, ВЫПОЛНЕННАЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

В.Л. Андреева

Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, Минск, diversity75@mail.ru

Аннотация. *В работе приведен пример изучения почвенно-ресурсного потенциала территории на основе качественного анализа (бонитировки) и количественной (стоимостной) оценки закономерно организованных (типизированных) почвенных комбинаций особо охраняемых природных территорий Белорусского Поозерья.*

Ключевые слова: *природно-ресурсный потенциал, тип земель, почвенная комбинация, оценка почвенно-ресурсного потенциала, бонитировка почв.*

В рамках реализации концепции инновационного устойчивого развития Республики Беларусь лежит выбор направлений природопользования, определяемых природными и экологическими особенностями страны, ее экономическими потребностями, что обуславливает изучениеприродно-ресурсного потенциала (ПРП) страны и ее регионов. ПРП подразумевает оценку возможности физических компонентов (ландшафтов) территории с учетом исторического этапа хозяйственного развития и социально-экономических потребностей общества [1] и по мнению [2] учитываетприродные условия и особенности формирования и перспектив ее развития.

Почвенно-земельные ресурсыв структуре земельного фонда Республики Беларусь занимают ведущее место несмотря на тенденцию к сокращению их площади (в результате природных и антропогенных катастроф; деградации почвенного покрова (засоления, эрозии и др.; увеличения доли промышленных и др. объектов) [3]. В связи с чем оценка почвенно-земельного потенциала (ПоРП) территории выполнялась на основе изученияее структуры почвенного покрова (СПП).

В настоящее время оценка ПоРП земель производиться на основе территориального (площадного) учета и осуществляется по категориям землепользований. Однако данный подход не подразумевает определение потенциальных возможностей земель, при котором максимальная эффективность сочетается с минимальными затратами при сохранении, хотя бы относительного природного равновесия.

Современную оценку ПоРП необходимо проводить в три этапа, включающегоинвентаризацию, оценку (с выбором критериев оценки, разработка шкал и т.п.), прогноз развития (предложения по основным направлениям использования). При этом применение геосистемного подхода способствовало более точному учету и оценки как естественных состоянийприродной среды и различных уровней ее антропогенной трансформации [4].

В СПП любой территории можно выявить пространственную закономерную смену элементарных почвенных ареалов, образующих почвенные комбинации (ПК), отличающихся особенностями формирования и составом компонентов [5], что является неоспоримым доказательством получения и хранения некоторой информации из внешней среды. Компонентный состав СПП является функцией и отражением биоклиматического потенциала территории, его особенности выражаются гипсометрически, литологическим составом, рельефом, гидрологической обстановкой, плодородием, характером и составом растительного покрова, и современным антропогенным влиянием [6, 7, 8]. Среди компонентов ландшафта именно почвы являются наиболее информативной его частью [8], что позволяет их использовать в качестве универсальных территориальных единиц природопользования.

Понятию «геосистема» соответствует ПК, хозяйственным аналогом ПК можно считать тип земель (ТЗ). Благодаря внутренней организации и устойчивости тип земель можно использовать в качестве территориальной единицы инвентаризации земельных ресурсов.

Для обеспечения полного комплекса работ по оценки ПоРП изначально надо определить базовый условный уровень состояния типа земель, с которого начинается учет возможностей устойчивого хозяйственного использования какой-либо территории.

С этой целью изначально были обследованы земли особо охраняемых территорий Белорусского Поозерья, в которых геосистемы находятся в близком к естественному состоянию. На среднемасштабных почвенных картах (М 1: 50000, 1: 10000) выделялись ТЗ. Каждая ПК определялась по рисунку почвенного покрова (лопастной, сетчатый и т.п.), затем фиксировался ее состав (перечень почв с указанием их доли в процента [6].

Каждому ТЗ присваивался свой код: по орографическому признаку выделяются относительные повышения, где преобладает сток вещества – водоразделы (1.*.*.*) и депрессии – в них характерны явления накопления вещества (2.*.*.*). Различают водоразделы фрагментарные с «сетчатым» (1.1.*.*), выпуклые с «лопастным» (1.2.*.*) и плоские с «пятнистым» рисунком почвенного покрова (1.3.*.*)и депрессии: долинообразныес «полосчатым» (2.1.*.*) и озеровидные (2.2.*.*)с «концентрическим» строением почвенного покрова. Водоразделы подразделяются по относительной и высоте на высокие (1.*.1.*) и низкие – (1.*.2.*), их фиксация осуществляется по долипереувлажненных почв (менее или более 30% подобных почв); депрессии также дифференцируютсяна неглубокие (2.*.1.*) и глубокие (2.*.2.*) с преобладанием почв, соответственно, минеральных заболоченных и торфяных. Разнообразие почвообразующих пород было сведено в группы по гранулометрическому и минералогическому составу: 1) рыхлые и двучленные без водоупора (супеси и пески, в том числе супеси и суглинки, подстилаемые песками (*.*.*.1); 2) двучленные с водоупором и суглинки – супеси или пески, подстилаемые с глубины менее 1,0 м мореной (*.*.*.2); 3) моренные суглинки (*.*.*.3); 4) торф разных типов и мощности (*.*.*.4).

Корректировка границ ПК производилась по картам растительности (М 1: 25000), одновременно определялись типы и ассоциации лесов в каждом ТЗ, при необходимости лесная растительность могла быть восстановлена на основе типичных ПК.Дополнительным материалом для выделенияграниц и особенностей ПК служили данные дистанционного зондирования, полученные со спутников Landsat.

Территория объекта исследования – Березинского биосферного заповедника (ББЗ) – принадлежит области Белорусского Поозерья, с отложениями, образовавшимися после деградации днепровского и сожского ледников. В северной и центральных частях заповедника представлен конечно-моренный рельеф, на юге – пониженный равнинно-зандровый рельеф. Климат территории умеренно теплый, влажный, формируется под преобладающим западным переносом воздушных масс. Более половины лесопокрытой территории ББЗ занимают хвойные (сосновые на суходолах, сосновые на болотах, а также еловые) леса, из них преобладают сосновые болотные леса. Основными почвообразующими породами являются водно-ледниковые и древнеаллювиальные пески, реже моренные суглинки, перекрытые маломощными связными и рыхлыми супесями [8].

В границах ББЗ, являющегося эталоном лесной зоны умеренного пояса северного полушария, было выделено 34 основных ТЗ и 4 типа экотонов [9], их площадь колеблется от 120 до 4000 га. Мониторинг земель заповедника показал, что к наиболее распространенным ТЗ относятся: водоразделы плоские низкие заторфованные (1.3.2.6.), депрессии озеровидные низкие на песках и супесях (2.2.2.1.) и водоразделы выпуклые высокие на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых с глубины до 1,0 м мореной (1.2.1.3).

Более подробно рассмотрим последний ТЗ, который представлен моренно-зандровыми равнинами, неглубоко расчлененными ложбинами, где сочетаются дерново-подзолистые автоморфные и дерново-подзолистые глееватые почвы. В атрибутивных таблицах и легендах карт типов земель в заповеднике формула ПК состоит обычно из нескольких типов почв, занимающих более 5% ее составе. Если внутри почвенной формулы почвы соединенных значком «+» и площади их контуров в ПК превышают 1.0 га, то формула «$ДПБ_0^{40}$ $+ДПБ_1^{50}+ДПБ_2^{10}$» этого ТЗ относится к сочетанию. Она характеризует состав и разновидность почв: в ней представлены 40% дерново-подзолистыхоглеенных на контакте, 50% дер-

ново-подзолистых временно избыточно увлажненных, 10% дерново-подзолистых глееватых почв. Следовательно, фоновыми почвами служат дерново-подзолистые оглеенные на контакте, а в пересекающих склоны ложбинах и балках происходит формирование дерново-подзолистых глееватых и временно избыточно увлажненных почв. В границах данного ТЗ распространены сосновые, реже березовые, леса мшистой серии, в понижениях орляковые и осоково-разнотравные.

Для более точной качественной оценки плодородия почв (бонитировки)все ТЗ заповедника были объединены в 15 оценочных групп (табл.).

С помощью почвенной формулы вычислялся средневзвешенные баллыбонитета всех почв, которые могут быть использованы в пашне: не нуждающиеся в мелиорации и мелиорированные почвы, а также почвы с учетом поправки на контурность пашни. Учет поправки на общую неоднородность вводился для оценки действительно возможных почвенно-земельных ресурсов сельскохозяйственного использования групп типов земель немелиорированных и мелиорированных почв пахотного назначения, поскольку известно, что осушение изменяет неоднородность почвенного покрова. При вычислении балльной оценки почв под кормовые угодья неоднородность ТЗ не учитывалась по причине слабого влияния на продуктивность земель, используемых под сенокосы и пастбища.Полученные баллы ранжировались на группы по условиям пригодности ТЗ под пашню (в разбежкой шага в 5 единиц). Данный метод позволил разработать рекомендации направлений природопользования, с указанием причин, ограничивающих их использования в пашне.

Оценка вышеописанного ТЗ показала одну из самых высоких изначальных баллов бонитета (44) и несмотря на тот факт, что учет неоднородности почвенного покрова значительно понизил изначальный балл бонитета (на 9 единиц) он остался довольно высоким. Использование этой геосистемы под луга является нецелесообразным, поскольку необходимые полугидроморфные почвы, развиты в условиях глубокого (глубже 1,0 м) подстилания мореной. Следовательно, этот ТЗ отличается довольно высоким плодородием и может быть использован под пахотные угодья. Однако ПРП таких земель понижает развитие в его границах множества балок и сползание почв вдоль по склону.

Оценка земель дополнялась стоимостной характеристикой. Была рассчитана стоимость отчуждения луговых, лесных и пахотных земель каждой оценочной группы земель. На ее основании описанный выше ТЗ рекомендуется использовать под пашню и лесные угодья.

В северной части Беларуси на грядообразных сглаженных моренных возвышенностях в национальном парке «Браславские озера» были описаны схожие ТЗ. Их типичность проявлялась в почвенных формулах ($ДПБ_1^{35}$ + $ДПБ_2^{30}$ + $ДПБ_0^{25}$ + $ДП^5$ +$ДБ_2^5$): здесь доминируют дерново-подзолистые почвыоглеенные на контакте и временно избыточно увлажненные, около 30% % занимают дерновые глееватые и дерново-подзолистые глееватые почвы. Сходство с ТЗ заповедника выражалось в относительно близких значениях бонитировочных баллов (естественно плодородие оценивается также 46 баллами, а с учетом неоднородности почвенного покрова баллы снижаются до 32 и 38 (соответственно до и после мелиорации). Земли национального парка отличаются оценкой «хорошие» и «очень хорошие» при использовании в пашне, после мелиорации имеют «средние, относительно хорошие и хорошие» условия пригодности. Под кормовыми угодьями их оценка определена как «хорошая».

Данный ТЗ широко распространен и выделяется вхозяйствах, в СПК «Ловжанский»(Шумилинский район). Почвенная формула его ТЗ схожа с вышеописанными – $ДП^{50-55}$+$ДПБ0_1^{35}$+ $ДБ_2^{10-15}$ [10].

Следовательно, сходство однотипных земель на объектах с различным типом хозяйствования подтверждается близкими характеристиками как качественной, так и количественной (стоимостной) оценки, что может служить залогом не только их типового подобия, но и репрезентативности ТЗ, по крайней мере, для Белорусского Поозерья.

Оценочные группы типов земель Березинского биосферного заповедника

№ оценочных групп	Группы типов земель и почвообразующие породы	Геоморфологическая Приуроченность*	Потенциальные ресурсы почв					
			используемых под пашню			Сельскохозяйственного назначения		
			балл бонитета					
			исходный	с поправкой		с поправкой на Кн		кормовые угодья
				домелиорации	после мелиорации	домелиорации	после мелиорации	
ВОДОРАЗДЕЛЫ выпуклые (равнины*)								
I	высокие на водно-ледниковых песках и супесях	водно-ледниковые волнистые	34	–2	–1	–6	–6	14
II	высокие на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых с глубины менее 1,0 м мореной	волнистые моренно-водно-ледниковые	44	–2	–2	–9	–8	17
III	низкие на водно-ледниковых песках и супесях	полого-волнистые водно-ледниковые	32	–5	+1	–10	–5	23
IV	низкие на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых с глубины менее 1,0 м мореной	полого-волнистые моренно-водно-ледниковые	28	–4	+11	–8	+5	19
ВОДОРАЗДЕЛЫ плоские (равнины*)								
V	высокие на водно-ледниковых песках и супесях	водно-ледниковые	31	–3	–4	–8	–5	12
VI	высокие на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых с глубины менее 1,0 м мореной	моренно-водно-ледниковые	53	–4	0	–16	–13	20
VII	низкие на древнеаллювиальных и водно-ледниковых песках и супесях	равнины с близким УГВ	22	–4	+4	–8	+1	16
VIII	низкие на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых с глубины менее 1,0 м мореной	донно-моренные	31	5	+10	–11	0	22
ДЕПРЕССИИ долинообразные неглубокие (речная долина*)								
IX	на аллювиальных песках и супесях	незатопляемые склоны	23	–4	+14	–7	+9	23
ДЕПРЕССИИ озеровидные неглубокие								
X	на озерно-аллювиальных песках и супесях	котловины древних озер	24	–3	+5	–6	+1	21
XI	на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых с глубины менее 1,0 м мореной	низкие донно-моренные равнины	31	–3	+21	–8	+12	29
ДЕПРЕССИИ долинообразные и озеровидные глубокие								
XII	на низинных торфах, местами с участием верховых и переходных[x]	болота	59[x]	–	–2	–	–7	25/41

[x] при условии мелиорирования.

Литература

1. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М., 1992. 319 с.

2. Гагарин А.И.Эволюция оценки природно-ресурсного потенциала территории // Интерэкспо Гео-Сибирь. Вып. 3, № 2. 2013. С. 117–121.

3. Воробьева И. Б. Системный подход при геоэкологической оценке территории // Вестн. Тамбов.ун-та. Сер. Естеств. и технич. науки. 2014. Вып. 19, № 5. С. 1485–1487.

4. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2018 года. Государ. комитет по имуществу в Республике Беларусь. Минск, 2017. http://gki.gov.by/printv/ru/activity_branches-land-reestr/

5. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова, задачи и методы ее изучения // Почвенные комбинации и их генезис. М., 1972. С. 9–32.

6. Кауричев И.С., Романова Т.А., Сорокина Н.П. Структура почвенного покрова и типизация земель. М., 1992. 151 с.

7. ТубаловА.А. Картографирование современной пространственной структуры агроландшафтов// Изв. Нижневолж.агроуниверсит. комплекса: наука и высш.профес.обр-ие. 2017. № 2 (46). С. 136–145.

8. Пашин В.И. Почвы бывшего Белорусского государственного заповедника на р. Березине // Почвенные исследования БССР. Минск, 1959. С. 111–187.

9. Андреева В.Л., Ковалевская О.М. Использование потенциала экотонов Березинского биосферного заповедника // Весці БДПУ. Сер. 3. 2012. № 1. С. 60–65.

10. Червань А.Н., Романова Т.А., Лисецкий Ф.Н., Нарожняя А.Г. Геосистемный подход к организации природопользования в переувлажненных агроландшафтах (на примере СПК «Ловжанский» Витебской области Беларуси) // Науч. ведомости Белгород.государ. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2016. Вып. 37. № 25 (246). С. 143–155.

ESTIMATION OF THE POTENTIAL OF SOIL-LAND RESOURCES OF THE TERRITORIES OF THE BELARUSIAN POOZERJE, IMPLEMENTED ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF THE SOIL COVER

V.L. Andreeva

Belarusian State Pedagogical University name after M. Tanka, Minsk, diversity75@mail.ru

Summary. *In this paper an example is given of studying the soil-resource potential of the territory of the Byelorussian Poozerie on the basis of the analysis of qualitative (land judgment) and quantitative (cost) assessment of regularly organized (typified) soil combinations of specially protected natural areas.*

Keywords: *natural resource potential, land type, soil combination, assessment of soil and resource potential, land judgment.*

УДК 631.41

ОСОБЕННОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПОЧВАМИ СТЕПНОЙ ЗОНЫ В УСЛОВИЯХ МОНО- И ПОЛИЭЛЕМЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Т.В. Бауэр[1], Т.М. Минкина[1], Д.Л. Пинский[2], С.С. Манджиева[1]

[1] Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, bauertatyana@mail.ru
[2] Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, pinsky43@mail.ru

Аннотация. *Изучены особенности поглощения Zn^{2+}, Cu^{2+} и Pb^{2+} почвами степной зоны на примере чернозема обыкновенного при раздельном и совместном внесении металлов из растворов азотнокислых солей. В обоих случаях изотермы адсорбции описываются уравнением Ленгмюра. По прочности связи с почвой и величинам максимальной адсорбции металлы образуют ряд: $Cu^{2+}>Pb^{2+}>Zn^{2+}$. Одновременное присутствие в растворе металлов приводит к изменению параметров адсорбции почвой вследствие взаимной конкуренции между ними.*
Ключевые слова: *моноэлементная иполиэлементная адсорбция, почва, цинк, медь, свинец, конкуренция.*

Исследование природы устойчивости почв по отношению ктяжелым металлам (ТМ) связано с изучением закономерностей поглощениязагрязняющих веществ почвами. Вместе с тем редко принимается во внимание полиэлементный характер загрязненияпочв. Как показывают исследования, в районах с развитой промышленностью происходит загрязнение почв одновременно широким спектром поллютантов [1, 2]. Случаи, когда происходит монометальное загрязнение почвы, редки.

Перераспределение катионов ТМ при полиэлементном загрязнении почв, как правило, трудно поддается количественному описанию с позиций теории ионного обмена. Взаимная конкуренция катионовза обменные места, усугубленная специфическими свойствами ТМ и неоднородностью поверхности почвенных частиц,делает эту проблему чрезвычайно сложной для изучения. Вместе с тем, необходимость исследования взаимного влияния ионов ТМ на процессы сорбции – десорбции катионов в почве очевидна, так как в природных условиях всегда осуществляется поликатионный обмен. Поэтому важным моментом при рассмотрении адсорбционных процессов в естественных почвах является учет вовлеченности в сорбционный процесс всех катионов, присутствующих в системе и способных к обмену [3, 4].

Целью работы является изучение закономерностей адсорбция Zn^{2+}, Cu^{2+} и Pb^{2+} черноземом обыкновенном тяжелосуглинистым при раздельном и совместном внесении металлов из растворов азотнокислых солей.

Объекты и методы исследования. В качестве объекта исследования выбран верхний гумусовый горизонт (0–20 см) одного из основных типов почв, наиболее широко распространенного на территории Северного Приазовья – чернозема обыкновенного тяжелосуглинистого на лессовидных суглинках. Почва была отобрана на территории Персиановской заповедной степи учхоза «Донское» (Ростовская область, Октябрьский р-н), не подверженной техногенному воздействию. Персиановская заповедная степь – уникальный целинный массив, никогда не вовлекавшийся в хозяйственную деятельность человека и сохранивший практически полностью черты растительного и почвенного покрова естественных приазовских степей. Исследуемая почва характеризуется следующими физическими и химическими свойствами: Сорг – 3,7%; pH – 7,3; ЕКО – 37,1 смоль (экв)/кг; обменные катионы (смоль (экв)/кг): Ca^{2+} –31,0, Mg^{2+} – 4,5; $CaCO_3$ – 0,1%; физическая глина – 53,1%, ил – 32,4%.

Физико-химический анализ почвы проводили общепринятыми методами: pH водной вытяжки – потенциометрическим в суспензиях при соотношении почва : вода = 1 : 2,5; содержание органического вещества титриметрическим методом (бихроматное окисление по И.В. Тюрину) [5]; емкость катионного обмена (ЕКО) и обменные катионы Ca^{2+} и Mg^{2+}– по методу Шаймухаметова [6]; содержание карбонатов – ацидометрическим методом [7]. Гра-

нулометрический состав почвы определен методом пипетки с пирофосфатной подготовкой пробы [8].

Для изучения механизмов адсорбции $Zn^{2+}Cu^{2+}$ и Pb^{2+} исследуемой почвой при раздельном и совместном внесении металлов из растворов азотнокислых солей проведены двамодельных эксперимента. Первый эксперимент с участием в растворе одного металла проводили по следующей методике: загрязнение почвенных образцов имитировали введением различных количеств нитратов ТМ с добавлением $Ca(NO_3)_2$для поддержания постоянной ионной силы 0,01М/л. Перевод почвенных образцов в Са-насыщенную форму осуществлялся для того, чтобы исключить влияние других катионов на поглощение Zn, Cu и Pb и изучить конкурентный характер поглощения между ними за адсорбционные места. При этом принималось в расчет, что содержание Са в сумме обменных катионов для данных почв составляет 80-90% и, таким образом, перевод почвы в моноионнуюСа-форму не оказывает существенного влияния на ее структуру и функцию. Соотношение почва:раствор – 1:10. Суспензия взбалтывалась в течение 1 часа, затем сутки отстаивалась, после чего фильтровалась. ТМ в фильтрате определялись методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС). Количество поглощенных катионов ТМ рассчитывали по разности между концентрациями металла в исходном и равновесном растворе. Второй эксперимент проводили аналогично, за исключением того, что исходные растворы содержали одновременно все вышеуказанные ТМ в равных количествах. Концентрации исходных растворов во всех экспериментах варьировали в пределах от 0,05 до 1 мМ/л.

Статистическую обработку результатов производили с использованием программы SigmaPlot 12.5 и Excel при доверительной вероятности 0,95. Каждую точку экспериментальных изотерм находили в трехкратной повторности.

Результаты и их обсуждение. Изотермы адсорбции Zn^{2+} Cu^{2+} и Pb^{2+} черноземом обыкновенным в Са-насыщенной формепри раздельном и совместном внесении металлов в почву представлены на рисунке. Из графиков видно, что в обоих случаях изотермы адсорбции ТМимеют вид выпуклых кривых и, следовательно, описываются уравнением Ленгмюра (1):

$$C_{ад} = C_{\infty} K_{л} C_{р} / (1 + K_{л} C_{р}), \quad (1)$$

где $C_{ад}$ – количество поглощенных катионов, C_{∞} – величина максимальной адсорбции ТМ, мМ·кг$^{-1}$; $C_{р}$ – концентрацияметаллав равновесном растворе, мМ·л$^{-1}$;$K_{л}$ – константа Ленгмюра, л·мМ$^{-1}$.

Участок изотермы в области малых равновесных концентраций характеризует высокое сродство почвы к катионам исследуемых металлов и переходит в более плавную кривую в области больших концентраций, что особенно характерно для Zn^{2+}. В процессе адсорбции почвенным поглощающим комплексом (ППК) катионов ТМ вначале происходит заполнение сорбционных центров с наибольшим сродством к ним (начальные участки изотермы), а затем в процесс вовлекаются центры с более низким сродством к катионам ТМ, чему соответствуют конечные участки кривых (рис. 1).

Значения параметров уравнения Ленгмюра, рассчитанные из экспериментальных изотерм, представлены в таблице. Высокие значения коэффициентов детерминации (R^2=0,94-0,99) свидетельствуют о хорошем соответствии экспериментальных изотерм уравнению адсорбции Ленгмюра.

При моноэлементном загрязнении выявляются заметные различия в поглощении ТМ почвой. Обращает на себя внимание четкое разделение ТМ на две группы по интенсивности поглощения почвой. В первую группу входят Cu и Pb, во вторую – Zn. Изотерма адсорбции Zn^{2+} имеет зону линейности при малых концентрациях металла в ППК и зону близкую к насыщению – при больших (рис. 1).

По величинам максимальной адсорбции (C_{∞}) и констант прочности ($K_{л}$), рассчитанных по уравнению (1), справедлив следующий ряд: Cu^{2+}>Pb^{2+}>Zn^{2+} . Следовательно, химические особенности самого катиона металла оказывают существенное влияние на энергию взаимодействия с поверхностью почвенных частиц. Для адсорбции Cu^{2+} и Pb^{2+} почвой в большей степени характерно специфическое взаимодействие с ППК, чем для Zn^{2}. Похожие закономерности установлены В.С. Путилиной с соавторами [9] для чернозема выщелоченного.

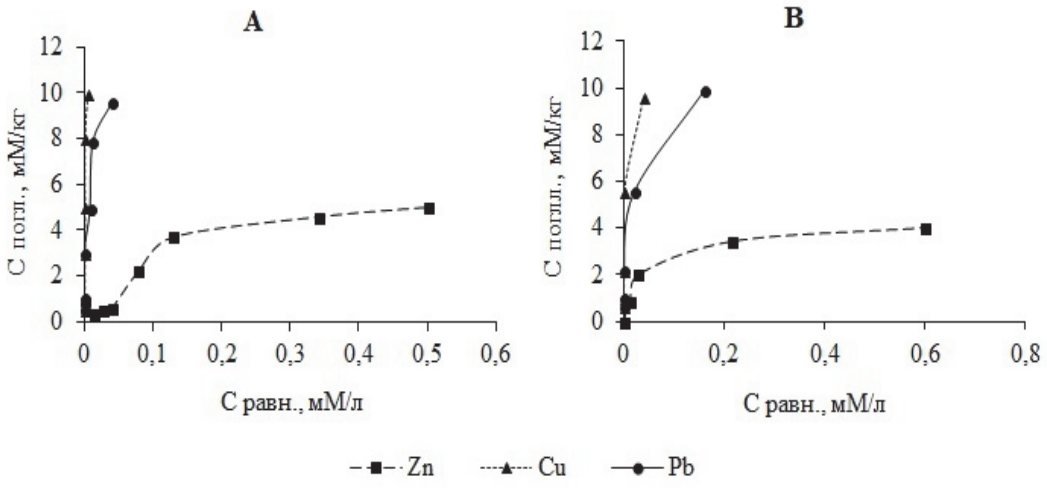


Рис. 1. Изотермы адсорбции Zn^{2+}, Cu^{2+} и Pb^{2+}черноземом обыкновенным в Са-насыщенной форме при моноэлементном (А) и полиэлементном (В) загрязнении из растворов азотнокислых солей металлов

Параметры адсорбции Zn^{2+},Cu^{2+} и Pb^{2+} черноземом обыкновенным в Са-насыщенной формепри моноэлементном (1) и полиэлементном (2) загрязнении из растворов азотнокислых солей

Металл	C_∞, мМ·кг$^{-1}$		$K_л$, л·мМ$^{-1}$		R^2	
	1	2	1	2	1	2
Zn	9,7±2,76	6,32±1,44	5,6 ±1,08	4,20±0,51	0,99	0,98
Cu	20,30±4,41	16,34±3,15	32,9±6,45	37,2±7,06	0,98	0,94
Pb	14,40±3,78	12,55±2,24	22,5±6,35	28,1±5,84	0,97	0,95

Полученный результат также согласуется с порядком изменения электроотрицательности металлов. Чем выше электроотрицательность, тем сильнее его взаимодействие с поверхностью почвенных частиц, в результате чего образуются более прочные связи с поверхностными функциональными группами и снижается подвижность адсорбированных катионов ТМ. Так, сродство ТМ к гидроксидам железа и алюминия изменяется по величине электроотрицательности следующим образом [10]: Cu>Ni>Co>Pb>Cd>Zn>Mg>Sr.

При сравнении изотерм полиэлементной адсорбции ТМ и полученных при их апроксимации термодинамических параметров можно сделать вывод относительно того, насколько присутствие в системе одного металла может повлиять на величину (C_∞) и прочности связи ионов других металлов с почвой ($K_л$).

При совместном присутствии (рис.) поглощение Cu^{2+} и Pb^{2+} почвой протекает значительно более интенсивно, чем Zn^{2+}. Очевидно, форма изотермы адсорбции Zn^{2+} в значительной степени определяется влиянием конкурирующих ионов Cu^{2+} и Pb^{2+}, имеющих более высокое относительное сродство к реакционным центрам почвенных компонентов.

В условиях одновременного присутствия в растворе ионов Zn^{2+}, Cu^{2+} и Pb^{2+}существенно меняются параметры адсорбции почвой всех ТМ (таблица). При совместном внесении металлов по величине C_∞, как и в случае моноэлементного загрязнения, на первом месте находится Cu, расположение остальных элементов также не меняется. При этом для всех трех металлов характерно снижение величин C_∞.Значения константы $К_л$ при полиэлементном поглощении, в отличие от величины C_∞, для Cu и Pb, напротив, возрастают. Порядок расположения элементов по данному параметру сорбции сохраняется прежним: Cu^{2+} >Pb^{2+}>>Zn^{2+}.

Увеличение прочности связи ионов ТМ при одновременном уменьшении величин C_∞ можно объяснить следующим образом. В системе с катионами только одного ТМ идет процесс их взаимодействия со всеми типами реакционных центров, присутствующих в данной почве. В данном случае тот факт, что разные реакционные центры имеют разное сродство к катионам ТМ, не имеет большого значения, так как катионов других ТМ в растворе нет. В результате такого взаимодействия мы получаем кривую поглощения ТМ почвой и рассчи-

тываем параметры уравнения (1). И полученная кривая, и параметры уравнения в данном случае не учитывают разного сродства катионов ТМ к различным типам реакционных центров.

В экспериментах по изучению полиэлементнойадсорбции, когда в системе присутствуют катионы сразу трех ТМ, происходит их перераспределение между различными реакционными центрами. Ионы каждого из трех ТМ под влиянием конкуренции со стороны других ионов взаимодействуют, в конечном итоге, с теми реакционными центрами, к которым они имеют наибольшее сродство. Те реакционные центры, к которым ионы данного ТМ имеют меньшее сродство, оказываются занятыми ионами других ТМ. Таким образом, каждого элемента в отдельности почва будет поглощать меньше, но удерживать их в поглощенном состоянии будет сильнее.

Наиболее сильно в этой системе адсорбируется Cu,слабее – Pb. Zn поглощается существенно слабее первых двух катионов, так как является наименее конкурентоспособным элементом по сравнению с Cu, и особенно со Pb. Элемент, поглощающийся по «обычному» обменному механизму, в наибольшей степени подвержен конкурентному воздействию со стороны элементов, в поглощении которых почвой преобладают «специфический» обменный или необменный механизмы.

Основными факторами, определяющими характер адсорбции катионов ТМ почвой при их совместном присутствии,являются неоднородность обменных мест ППК и конкуренция катионов за эти места. При полиэлементном загрязнении возможна ситуация, когда ионы различных металлов будут стремиться взаимодействовать с одними и теми же почвенными реакционными центрами. При этом неизбежно снижение поглощения почвой ионов того элемента, который обладает меньшим сродством к этим реакционным центрам.

Следовательно, в условиях полиэлементного загрязнения почв ТМ в почве существуют два вида конкурентных взаимоотношений: 1) между различными катионами ТМ, стремящихся взаимодействовать с одними и теми же реакционными центрами почвенных компонентов; 2) между различными типами реакционных центров, стремящихся взаимодействовать с одними и теми же ионами ТМ. В целом, накладываясь друг на друга, эти типы отношений создают сложную картину поведения ионов ТМ в почве.

Таким образом, изучены особенности поглощения Zn^{2+}, Cu^{2+} и Pb^{2+} черноземом обыкновенным при раздельном и совместном внесении металлов из растворов азотнокислых солей. Одновременное присутствие в системе почва-раствор сразу трех катионов Zn^{2+}, Cu^{2+} и Pb^{2+} приводит вследствие взаимной конкуренции между ними к снижению максимальной адсорбции по отношению к каждому из катионов. При этом происходит увеличение прочности связи Cu^{2+} и Pb^{2+} с почвой. В случае с Zn^{2+}, так как он является наименее конкурентно способным элементом, прочность связи с почвенными частицами практически не изменяется.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации № 5.948.2017/ПЧ.

Литература

1. Arenas-Lago D., Andrade M.L., Lago-Vila M., Rodríguez-Seijo A., Vega F.A. Sequential extraction of heavy metals in soils from a copper mine: Distribution in geochemical fractions // Geoderma. 2014. V. 230–231. P. 108–118.

2. Minkina T.M., Linnik V.G., Nevidomskaya D.G., Bauer T.V., Mandzhieva S.S., Khoroshavin V. Forms of Cu (II), Zn (II), and Pb (II) compounds in technogenically transformed soils adjacent to the Karabashmed copper smelter // Journal of Soils and Sediments. 2018. V. 18. P. 2217–2228.

3. Ладонин Д.В. Конкурентные взаимоотношения ионов при загрязнении почв тяжелыми металлами // Почвоведение. 2000. № 10. С. 1285–1293.

4. Пинский Д.Л., Минкина Т.М., Гапонова Ю.И. Сравнительный анализ моно- и полиэлементной адсорбции меди, свинца и цинка черноземом обыкновенным из растворов азотнокислых и уксуснокислых солей // Почвоведение. 2010. № 7. С. 801–811.

5. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.

6. Шаймухаметов М.Ш. К методике определения поглощенных Са и Mg в черноземных почвах // Почвоведение. 1993. № 12. С. 105-111.

7. Практикум по агрономической химии / под ред. А.В. Петербургского. М.: Изд-во Сельскохозяйственной литературы, 1963. 592 с.

8. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

9. Путилина, В.С. Адсорбция тяжелых металлов почвами и горными породами. Характеристики сорбента, условия, параметры и механизмы адсорбции // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. 2009. № 90. С. 1-155.

10. Kinneburg D.G. General purpose adsorption isotherms // Environmental Science and Technology. 1986. V. 20. P. 895-904.

FEATURES OF ABSORPTION OF HEAVY METALS BY SOILS OF THE STEPPE ZONE IN CONDITIONS OF MONO- AND POLYELEMENT CONTAMINATION

T.V. Bauer[1], T.M. Minkina[1], D.L. Pinskii[2], S.S. Mandzhieva[1]

[1]Southern Federal University, Rostov-on- Don, bauertatyana@mail.ru
[2]Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, pinsky43@mail.ru

Summary. *The features of absorption of Zn^{2+}, Cu^{2+} and Pb^{2+} by soils of the steppe zone (by the example of Haplic Chernozem) have been studied during the separate and combined application from solutions of metal nitrates. In both cases, adsorption isotherms were described by the Langmuir equation.According to the binding strength to the soil and the values of the maximum adsorption, metals form the series: Cu^{2+}> Pb^{2+}> Zn^{2+}. The simultaneous presence of metals in the solution leads, in the wake of mutual competition between them, to a change in the adsorption parameters of the soil.*

Keywords: *monoelement and polyelement adsorption, soil, zinc, copper, lead, competition.*

УДК 349.4

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.И. Гранина

Иркутский государственный университет, Иркутск, granina_n@list.ru

Аннотация. *Представлена структура земельного фонда Иркутской области. Рассмотрены тенденции изменения площади земель сельскохозяйственного назначения. Проведен анализ результатов государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного, проводимых в России и на территории Иркутской области. Материалы исследования могут быть использованы при принятии своевременных управленческих решений, направленных на обеспечение рационального и эффективного использования и охраны земель.*
Ключевые слова: *кадастровая оценка земель, сельскохозяйственные земли.*

Введение. Вопрос кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения, в современных условиях перехода России к рыночной экономике и установления платы за пользование землей, становится наиболее актуальным. Земельные преобразования, проводимые в Иркутской области с начала аграрной реформы, привели к уменьшению площади сельхоз угодий, изменению права собственности на землю, но не улучшили их качественное состояние. В наиболее сельскохозяйственно-освоенных муниципальных районах области увеличиваются заброшенные пашенные угодья. При экономической оценке земель сельскохозяйственного назначения в Иркутской области возникают проблемы, связанные с отсутствием сформированного рынка земельных угодий и данных по бонитировке почв, основанных на урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности кормовых угодий. Тем самым, кадастровая стоимость сельскохозяйственных угодий, в некоторых случаях значительно превышает рыночную. Неадекватная стоимостная оценка затрудняет процесс управления земельными ресурсами и способствует нерациональному землепользованию.

Цель работы. Анализ результатов экономической оценки земель сельскохозяйственного назначения Иркутской области, динамики структуры сельхоз угодий.

Материалы и методы. Предметом и объектом исследования является кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения в границах земельного фонда Иркутской области.Базой исследования послужили материалы Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, Министерства сельского хозяйства Иркутской области, данные годовых кадастровых отчетов, законодательные и нормативные акты Российской Федерации и Правительства Иркутской области по вопросам земельной реформы и регулирования землепользования, периодическая литература по исследуемой теме, материалы научных и научно-практических конференций, а также личные наблюдения автора.

Обзор состояния и структуры землепользования территории. Иркутская область является одним из самых крупных регионов РФ. По площади территория область занимает 5-е место среди 83 субъектов Российской Федерации и 2-е – в Сибирском федеральном округе. Между тем, область имеет одну из самых низких показателей обеспеченности населений пашней. Если в среднем по России на одного жителя приходится 0,89 га пашни, то в Иркутской области только – 0,46 га. Состояние свыше 20% сельскохозяйственных угодий области оценивается как неудовлетворительное. Интенсивное и бессистемное использование угодий приводит к снижению их плодородия и продуктивности [1].

В процессе аграрной реформы 1990 года в Иркутской области произошли значительные изменения в структуре земель сельскохозяйственного назначения. Сокращение сельхозугодий произошло за счет: расширения промышленного, гидротехнического и транспортного строительства, создания Усть-Илимской, Богучанской ГЭС, при добыче каменного угля в Аларском, Черемховском районах, а также при расширении территорий населённых пунктов

муниципальных образований области в Черемховсом, Нижнеудинском районах [2]. Кроме того, повсеместно отмечался добровольный отказ сельскохозяйственных предприятий от предоставленных им ранее земель в связи с их неудовлетворительным экономическим состоянием, снижением плодородия угодий. При этом часто нерешенным оставался вопрос дальнейшей судьбы земельных участков. Вследствие этого в кадастровых документах сведения о таких земельных участках продолжали учитываться как земли сельскохозяйственного назначения [3]. Динамика площади сельхозземель территории Иркутской области представлена в табл. 1.

Таким образом, на 1 января 2018 года, общая площадь сельскохозяйственных земель Иркутской области составила 2882,8 тыс. га, произошло уменьшение угодий на 2465,6 тыс. га.

Таблица 1

Динамика площади сельхозземель территории Иркутской области 1999–2017 гг.

Земли сельскохозяиственного назначения	Площади земель, тыс. га / по годам							
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
	5248,4	4361,7	4145,1	2901,6	2892,2	2888,5	2885,1	2882,8
Уменьшение площади		886,7	216,6	1243,5	9,4	3,7	3,4	2,3

Область находится в зоне рискованного земледелия и для того, чтобы получить от земли приличную отдачу, нужно вкладывать не менее приличные средства в семеноводство, удобрения и технологии. Это могут позволить себе только крупные агрохолдинги. На сельскохозяйственное производство сказывается близость Китая – дополнительного поставщика сельхозпродукции и, кроме того, за последнее десятилетие иркутские сельхозпроизводители потеряли многие рынки в Средней Азии, в других регионах [3]. Сегодня целые массивы пашенных угодий, когда-то с трудом раскорчеванной тайги сегодня находятся заброшенными, активно зарастают сосенками и березками. В 2006 году их площадь составила 315 тыс. га, в 2016 году – 706,35 тыс. га [4]. Часть неиспользованной пашни 353,85 тыс.га (50,09%) оценены как пригодные к освоению, планируются к введение в сельскохозяйственный оборот. Остальные 49,91% (352,5 тыс. га) будут переведены в фонд перераспределения [4]. Земельные участки, находящиеся в фонде перераспределения земель, могут передаваться гражданам и юридическим лицам в аренду или собственность, при этом правовой режим земель фонда не урегулирован специальными нормативными актами о порядки зачисления, предоставления и исключения земель из фонда перераспределения. Поэтому площади земель сельскохозяйственного назначения, предоставленные в срочное пользование из фонда, не входят в статистический показатель [5]. Сегодня сельскохозяйственные угодья находятся во всех категориях земельного фонда Иркутской области, включая фонд перераспределения земель.

Результаты и обсуждение. Основой для определения государственной кадастровой оценки угодий послужили материалы IV тура (1987–1989 гг.) массового внутрихозяйственного обследования земель, проводимого для всех существующих на тот момент сельскохозяйственных предприятий. Сельскохозяйственные угодья оценивались по продуктивности, стоимости валовой продукции, окупаемости затрат, дифференциальному доходу, а также по себестоимости, трудоемкости и фондоемкости производства продукции [5]. Результаты оценки земель были положены в основу действующих в России до 2005 г. ставок земельного налога. Для проведения стоимостной оценки земель в первых двух турах государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения (2001–2002 гг.; 2006–2007 гг.) были разработаны базовые нормативы на уровне субъектов РФ, поэтому величина земельной ренты и кадастровая стоимость угодий логично отражали природно-экономические условия использования земель [5].

Стоимость сельхозземель Иркутской области определялась затратным и сравнительным (рыночным) подходами путем умножения данных массовой внутрихозяйственной оценки земель на соответствующий коэффициент. В меньшей степени применялся доходный подход. В 2004 году Правительством Иркутской области утверждена стоимость земель сельскохозяйственного назначения (без сельхоз угодий) для 340 сельскохозяйственных предпри-

ятий. Средняя кадастровая стоимость сельхозземель области составила 0,67 руб./кв.м. Максимальная – 1,12 руб./кв. м (Усольский район). Минимальная стоимость, выступающая в качестве абсолютно ренты,равная0,39 руб/кв.м,была установлена для 7 сельскохозяйственных районов области: Бодайбинский, Жигаловскнй, Казачннско-Ленский, Катанский, Мамско-Чуйский и Ольхонский, Усть-Кутский [7]. В 2006 году средняя кадастровая стоимость сельхозземель области составила 0,91 руб./кв.м, с учетом повышающего коэффициента 1,36 к стоимости земель 2001 года (0,67 руб./кв. м) [5].

В 2010 году, для проведения III тура государственной кадастровой оценки земель сельхоз назначения, были приняты новые Методические указания[8], которые не были согласованы с Минсельхозом, имели существенные недоработки в организационно-методическом плане. Вместо двухэтапной оценки (субъект РФ – земельный участок) предложена одноэтапная – оценка только земельного участка. Вместо анализа статистических данных за последние годы об урожайности культур и затратах на их возделывание предлагается использовать показатели нормативной продуктивности и нормативных затрат на основе технологических карт. Отсутствует учет абсолютной земельной ренты, и как следствие, нет минимальной кадастровой стоимости земель. Предусматривается учет севооборотов без учета и оценки местоположения земельных участков. Кроме того, изменена технология выполнения земельно-оценочных работ. Исполнители оценочных работ не обеспечивались специальным программным обеспечением, техническими указаниями, типовой структурой отчета и другими необходимыми научно-методическими материалами, а вынуждены разрабатывать их самостоятельно [6]. Таким образом, работы, имеющие государственный статус, выполнялись на аукционной основе, при этом, критерием выбора исполнителя являлась наименьшая стоимость оценочных работ. В результате удельный показатель кадастровой стоимости (УПКС) сельхоз угодий первой группы (1,13 руб./кв. м) становится ниже, стоимости земель второй группы (1,55 руб./кв. м) (см. табл. 2).

Таблица 2

УПКС сельскохоз земель Сибирского федерального округа, 2010 г. [4]

№	Районы округа	УПКС по группам угодий, руб./кв.м.					
		I группа	II группа	III группа	IV группа	V группа	VI группа
1	Республика Алтай	0,91	0,90	0,09	0,09	0,29	
2	Республика Бурятия	0,59	–*	–	–	–	–
3	Республика Тыва	0,29	0,25	0,25	–	–	–
4	Республика Хакасия	0,70	0,62	0,54	0,09	0,09	–
5	Алтайский край	1,09	1,14	1,05	0,04	0,25	–
6	Красноярский край	1,10	1,23	1,36	0,09	0,09	–
7	Иркутская область	1,13	1,55	0,59	0,09	0,09	–
8	Кемеровская область	1,27	2,15	1,41	0,09	0,09	–
9	Новосибирская область	1,40	1,40	1,53	0,04	0,21	–
10	Омская область	2,27	2,62	2,80	0,09	0,09	–
11	Томская область	0,78	0,68	0,51	0,09	0,13	–
12	Забайкальский край	0,56	0,62	–	0,09	0,10	–
Средняя стоимость		1,01	1,20	1,01	0,08	0,14	–

* Нет сведений / оценка не проводилась.

В 2018 году Правительством Иркутской области утверждена новая кадастровая стоимость сельскохозяйственных угодий. Стоимость 1 кв. м земель сельскохозяйственного назначения в среднем увеличилась на 4%, (с 1,46 руб. до 1,52 руб.), для земель иного сельскохозяйственного назначения – на 37% (с 5,5 руб. до 7,56 руб.) [9, 10].

При оценке стоимости сельскохозяйственных земель методами доходного подхода не учитываются различия в уровне затрат на выращивание культур, пригодность земель под различные культуры, климатические условия и показатели свойства почв. Не проводятся работы по бонитировке почв, которая является логическим продолжением комплексных обследований земель и предшествует их кадастровой оценке. По сути, почва (сельскохозяйственные угодья) оценивается как объект недвижимости.

Выводы. Методы и подходы государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения нельзя считать в полной мере обоснованными. Кадастровая стоимость земель Иркутской области не соответствует природно-сельскохозяйственному районированию территории и не способствует поддержанию плодородия угодий. Наметившаяся тенденция снижения продуктивности сельскохозяйственный угодий Иркутской области вызывает необходимость введения такого мотивационного механизма хозяйствования, чтобы собственник земли был заинтересован вовлечении сельхоз угодий в хозяйственный оборот и эффективном их использовании.

Литература

1. Хуснидинов Ш.К., Дмитриев Н.Н., Бутырин М.В., Романчук Е.И. Научно-методические основы применения удобрений и мелиорантов в Предбайкалье: учебное пособие. Иркутск. 248 с.
2. Винокуров М. А. Суходолов А. П.Экономика Иркутской области: в 4 т. Иркутск: Байкальский государственный университет экономики и права, 1999. 110 с.
3.Иваньо Я.М., Чернигова Д.Р. Моделирование изменчивости площади сельскохозяйственных угодий в различных категориях предприятий иркутской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 8 (154). С. 71–74
4. Дорожная карта План мероприятий «Реализация Федерального закона от 24.07.2002 № 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения на территории Иркутской области, утверждена Комиссией по вопросам эффективного использования земель сельскохозяйственного назначения Иркутской области 18.04.2016.
5. Государственный (Национальный) доклад «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2010 году». URL: http://reftop.ru
6. Сапожников П.М, Носов С.И., Ковалев Д.Н. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения. III тур / под ред. П.М. Сапожникова, С.И. Носова. М.: НИПЦ Восход, 2011. 124 с.
7. Постановление Правительства Иркутской области «О результатах определения государственной кадастровой стоимости земельных участков в составе земель сельскохозяйственного назначения на территории Иркутской области (за исключением сельхоз угодий № 271-п от 05.05.2004. Иркутск. URL: http://.pravo.gov.ru.
8. Методическиеуказания по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения, утвержденные приказом Министерства экономического развития Российской Федерации от 20.09.2010 № 445. Электронный фонд правовой и нормативной документации Официальный интернет-портал правовой информации. URL: www.pravo.gov.ru
9. Региональный доклад о состоянии и использовании земель Иркутской области за 2017 год: доклад Управление Росреестра по Иркутской области. Иркутск, 2017. 105 с.
10. Постановление Правительства Иркутской области «О результатах определения кадастровой стоимости земельных участков в составе земель сельскохозяйственного назначения на территории Иркутской области №159-пп от 15.03.2017. Иркутск, Электронный фонд правовой и нормативной документации Официальный интернет-портал правовой информации. URL: http://.pravo.gov.ru от 17.03.2017 г.

CONTEMPORARY PROBLEMS OF STATE CADASTRAL VALUATION OF IRKUTSK REGIONAL LANDS

N.I. Granina

Irkutsk State University, Soil-Biology Faculty, Department of soil science and land resources assessment, Irkutsk, Russia, granina_n@list.ru

Summary. *ThelandfundstructureofIrkutskregionispresented. The trends of change in the area of agricultural land are considered. The information on the state cadastral valuation of agricultural land in the territory of the Irkutsk region has been analyzed.Materials of this research can be used for modern making management decisions, which are aimed at ensuring of rational and effective using and protection of lands.*

Keywords: *land's cadastral evaluation, agricultural lands, land turnover.*

УДК 631.434

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АГРОПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СВОЙСТВ ПОЧВ

О.М. Ковалевская, И.А. Ефимова

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, kovalevskaya-o@mail.ru

Аннотация. *В статье анализируются физико-географические условия и особенности почвенного покрова предприятия ОАО «Холопеничи», на основании которых с использованием ГИС-технологий осуществляется частная агропроизводственная группировка почв для определения их потенциальной пригодности для возделывания сельскохозяйственных культур.*
Ключевые слова: *агропроизводственная группировка почв, физико-географические условия, почвообразующие породы, особенности почвенного покрова, ГИС-технологии.*

Успех сельскохозяйственного производства зависит от эффективности использования земельных ресурсов, достоверного учета их количественного и качественного состояния. Качественная оценка почв – бонитировка – служит основой агропроизводственной группировки почв по их производительной способности, отражающей корреляционную зависимость между объективными природными свойствами почв и показателями средней многолетней урожайности сельскохозяйственных культур. Оценка отдельных земельных участков с точки зрения пригодности их почв для возделывания различных сельскохозяйственных культур позволяет сформировать оптимальную структуру посевных площадей в хозяйстве.

При бонитировке обычно учитывают такие свойства, которые наиболее существенно влияют на урожай культурных растений – гранулометрический состав, увлажненность, содержание гумуса, подвижных форм элементов питания, кислотность и др. Бонитировка почв ведется по 100-балльной шкале. В условиях Беларуси наиболее высокую оценку имеют дерновые и дерново-карбонатные почвы – 63–100 баллов. Балл бонитета дерново-подзолистых почв колеблется от 18 до 75, торфяно-болотных – 36–75. Средний балл пахотных земель республики – 36 [1–3].

Общая агропроизводственная группировка почв – объединение почвенных классификационных выделов в отдельные группы на основе комплекса сходных почвенных свойств, или по общим растениеводческим качествам с целью разработки и мероприятий по их использованию и улучшению. В Беларуси, с начала проведения крупномасштабного картографирования почв сельскохозяйственных земель, агропроизводственные группировки почв проводились неоднократно, постоянно уточняясь и совершенствуясь. В настоящее время общая агропроизводственная группировка почв, разработанная Институтом почвоведения и агрохимии, включает 15 агрогрупп, по которым приводится оценка по степеням пригодности 16 сельскохозяйственных культур [1, 3–5].

Агропроизводственная группировка предполагает детальный анализ большого числа параметров: агрономических характеристик почв, особенностей возделываемых культур и т.д. Территориальное распределение исследуемых параметров почвенного покрова носит неоднородный, сложный характер, поэтому полномасштабный пространственный анализ может быть наиболее эффективно реализован с помощью современных географических методов – технологий геоинформационных систем (ГИС). Преимущество применения ГИС в подобных исследованиях состоит в том, что созданные электронные базы данных обладают мобильностью и гибкостью при работе с большим объемом постоянно меняющейся информации, обеспечивают дополнительные возможности при ее анализе и картографической визуализации.

В качестве модельногообъекта выбрана представлена территория ОАО «Холопеничи», расположенного в Крупском районе Минской области. Наполнение ГИС системы пространственными и атрибутивными данными осуществлялось на основе фондовых материалов почвенных обследований (почвенные карты масштаба 1:10 000, экспликации земель, данные химического анализа почвенных образцов) [1–3, 5, 6].

Рельеф и почвообразующие породы территории хозяйства ОАО «Холопеничи» являются ведущими природными факторами, которые создают пестроту почвенного покрова. На территории хозяйства распространены следующие генетические типы почвообразующих пород: моренные (представлены легкими суглинками и связными супесями), лессовидные (легкие суглинки, связные и рыхлые супеси), водно-ледниковые (легкие суглинки, связные, рыхлые супеси и пески), органогенные (торфяная залежь низинного, верхового и пойменного типов с различной мощностью) и аллювиальные (современный суглинистый, супесчаный и песчаный аллювий) [6–8].

На территории хозяйства выделено 155 почвенных разновидностей, объединенных в 8 типов почв. Господствующимипроцессами почвообразования на территории предприятия являются дерновый и подзолистый. В понижениях избыточное увлажнение при близком залегании грунтовых вод способствует развитию болотного процесса, образованию заболоченных дерново-подзолистых и болотных почв.На территории предприятия выделяют следующие типы почв [6]:

1. Дерново-подзолистые почвы, занимающие водораздельные части территории, а также склоны гряд и холмов (4573,91 га, или 33,5%).
2. Дерново-подзолистые заболоченные почвы, занимающие нижние части пологих склонов, замкнутые западины на водораздельных участках и ложбинообразные понижения (5098,11 га, или 37%).
3. Дерновые заболоченные почвы, развивающиеся в местах с близкими грунтовыми водами, занимающие пониженные места на водоразделах и окраины болот (767,54 га, или 5,5%).
4. Торфяно-болотные низинные почвы (293,52 га, или 2%).
5. Торфяно-болотные верховые почвы (13,64 га, или 0,1%).
6. Аллювиальные дерновые и дерново-заболоченные почвы (19,61 га, или 0,2%).
7. Аллювиальные болотные почвы (2761,99 га, или 20,5%).
8. Антропогенно-преобразованные почвы (157,85 га, или 1,2%).

В агропроизводственные группы объединяются, прежде всего, генетически близкие почвы, так как общность генезиса почв (то есть принадлежность их к одному н тому же генетическому типу, подтипу, роду) прежде всего, определяет общность их агропроизводственных свойств и направление наиболее рационального использования[9]. Агропроизводственные группировки почв могут быть двух типов: частные (в соответствии с требованиями выявляются ведущие показатели почв, определяющие условия развития определенной культуры или группы культур) и общие (основывается на свойствах почв, определяющих их качество как среды развития сельскохозяйственных растений).

Анализ и визуализация пространственно-временной динамики исследуемых параметров реализованы с помощью ГИС-технологий. В предлагаемом исследовании был выбран программный продукт ArcGIS, который позволяет интегрировать в единой информационной среде электронные пространственно-ориентированные карты и базы данных. В ArcCatalog была создана структура базы геоданных, а в приложении ArcMap формировались необходимые векторные объекты, наполнялись информацией атрибутивные таблицы. Для решения задач пространственного анализа использовался встроенный инструментарий ArcGIS.

В базу данных занесена информация по всем почвенным разрезам, на основании которой выделены почвенные контуры. Атрибутивные таблицы содержат количественные и качественные характеристики, необходимые для выполнения агропроизводственной группировки почв в соответствии с методикой. В рамках данного исследования были проанализированы следующие параметры:

– водно-воздушные и тепловые свойства почв выявлялись на основании оценки гранулометрического состава, сложения, мощности гумусовых горизонтов, а также учета геоморфологических и гидрологических условий залегания почв.

– питательный режим почв (содержание подвижных форм азота, фосфора и калия, степень гумусированности, валовой запас элементов питания, реакция почв, содержание микроэлементов и т. п.).

– свойства, определяющие отношение почв к обработке: связность, пластичность, вязкость, прилипание, сроки спелости, особенности углубления пахотного горизонта и т. п.

– потребность в мелиоративных мероприятиях, выявляемая при оценке почв по гранулометрическому составу, особенностям гидрологического режима (глубина залегания грунтовых вод, их качество) и условиям рельефа.

– присутствие в почве вредных для растений веществ (засоленность, оглеенность).

– характер и интенсивность процессов эрозии.

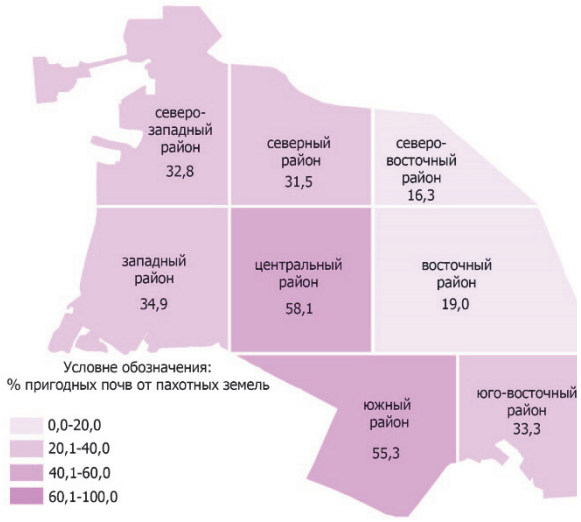
Начальный этап проекта предусматривает формирование цифровойкартографической основы и процесс наполнения ГИС-проекта данными и сведениями о необходимых объектах с их пространственной привязкой. Информация заносится в атрибутивные таблицы слоев, включающихколичественную характеристику пространственных объектов. Далее наоснове встроенных модулей информация обрабатывается в среде ArcGIS,выбор модулей определяется поставленной задачей в зависимости отспецифики объекта. Важным этапом проводимого пространственногоанализа является процедура визуализации, которая предполагает созданиесерии тематических карт, отражающих как отдельные процессы или явления, так и общую интегральную картину.

В рамках создаваемого ГИС-проекта комплексный анализ параметров выполнен посредством выборки и сопоставления данных из разных атрибутивных таблиц, что дает возможность совмещать разнородные показатели и строить интегральные тематические карты.На первом этапе почвы разделяются на две группы: а) почвы, не требующие специальной агротехники и мелиораций, позволяющие возделывать типичные для зоны культуры при нормальной зональной агротехнике; б) почвы, требующие специальной агротехники или мелиорации в связи с особенностями строения их профиля (каменистость, заболоченность, смытость и т. д.). На втором этапе почвы целесообразно делить на две части по их гранулометрическому составу: легкие (песчаные и супесчаные) и тяжелые (глинистые и суглинистые), что связано с существенными различиями в их агрономических свойствах. На третьем этапе разделение почв основывается на учете зональных особенностей, проявляющихся в преобладающих процессах почвообразования.Заключительный этап подразделения почв строится на учете видовых различий: мощности генетических горизонтов (гумусового, подзолистого и др.), особенностей их химизма (содержание подвижных форм N, P, K, микроэлементов и т. п.).

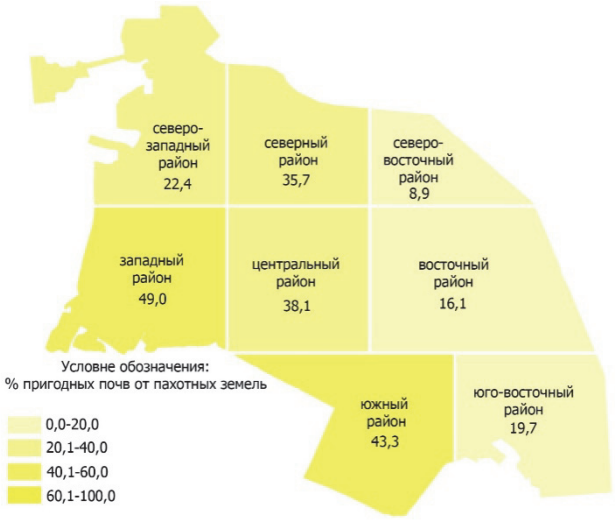
Для группировки почв, требующих специальной агротехники и мелиоративных мероприятий, в связи с особенностями строения их профиля целесообразно учитывать интенсивность мелиоративных мероприятий и объема затрат на их выполнение: улучшаемые специальной агротехникой; улучшаемые легкими мелиорациями (например, гипсование, известкование и др.); улучшаемые тяжелыми мелиорациями (осушение, промывка, дренаж); практически не мелиорируемые.

Полученные спомощью ГИС-инструментария картограммы (рис. 1) даютвозможность оценить территорию по степени еепригодности для сельскохозяйственного производства в целом и для отдельных культур в частности. На основе анализа природных особенностей ОАО «Холопеничи» и сложившихся границ рабочих участков предприятие было разделено на 8 районов: Северный, Южный, Западный, Восточный, Северо-Восточный, Юго-Восточный, Северо-Западный**.** Кроме общей агропроизводственной группировки почв были выполнены частные группировки для каждой из культур с учетом их индивидуальных требований к почвенным условиям. Так, на рисунке представленыкартограммы группировки почв под наиболее требовательные к почвенным условиям культуры: озимого рапса, сахарную свеклу, лен, ячмень, озимую пшеницу, яровую пшеницу.

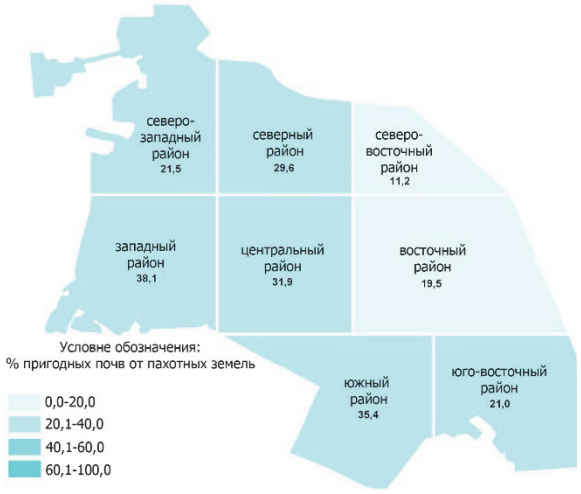
Для почв, объединенных в одну агропроизводственную группу, намечается одинаковое направление их сельскохозяйственного использования (например, под овощные и другие интенсивные культуры) и общий комплекс агротехнических мероприятий при возделывании сельскохозяйственных культур (посев сидератов, известкование, применение комплекса противоэрозионных или мелиоративных мероприятий и т.п.).



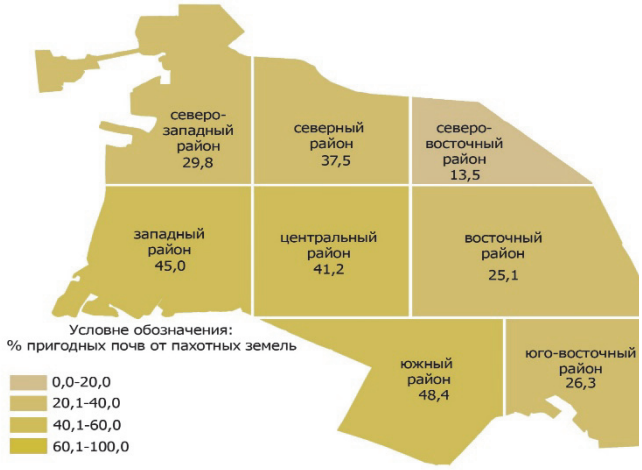
А) озимый рапс



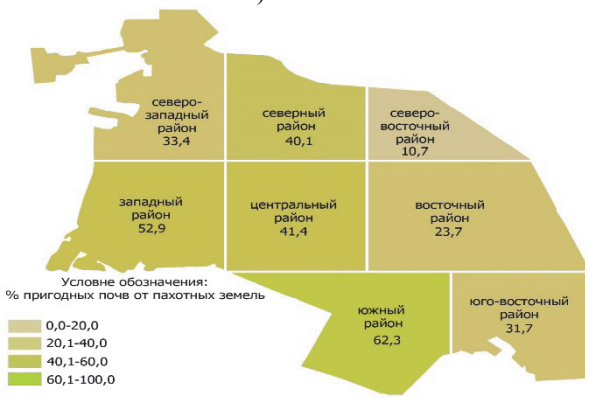
Б) сахарная свекла



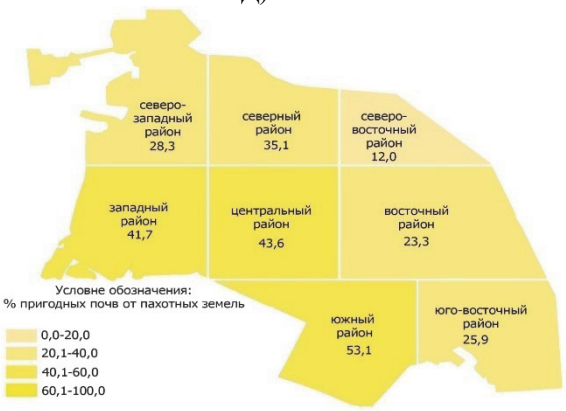
В) лен



Д) ячмень



Е) озимая пшеница



Ж) яровая пшеница

Рис. 1. Картограммы группировки почв под основные сельскохозяйственные культуры

В целом, почвы ОАО «Холопеничи» являются пригодными для возделывания основных сельскохозяйственных культур. К наиболее благоприятным относятся Южный, Центральный и Западный районы со средним показателем пригодности 52,0; 43,2; 45,5% соответственно. Наименее пригодный район – Северо-Восточный, где процент пригодных почв не превышает 20%.Почвы предприятия являются наиболее благоприятными для озимой пшеницы, озимого рапса, озимого тритикале, яровой пшеницы. Однако, для достижения наивысших показателей урожайности следует соблюдать мероприятие по очередности севооборота, а также по внесению в почвы органических и минеральных удобрений.

Дальнейшее развитие ГИС-проекта предполагает расширение временных границ наблюдений, добавление детальной информации по урожайности основных сельхозкультур на уровне отдельных участков и хозяйства в целом.

Литература

1. Кузнецов Г.И., Смеян Н.И., Цытрон Г.С., Шибут Л.И.Кадастровая оценка плодородия почв Беларуси и основные концептуальные положения ее проведения. Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2002. 22 с.
2. Государственный земельный кадастр [Электронный ресурс]. URL: http://www.gki.gov.by/(Дата обращения 25.01.2018).
3. Шибут Л.И., Цытрон Г.С., Кузнецов Г.И. Оценка плодородия пахотных земель Беларуси под основные сельскохозяйственные культуры. Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2008. 42 с.
4. Медведев А.Г., Суровый Л.Н., Округ Г.М., Жмако В.С. Качественная оценка земель колхозов и совхозов БССР. Минск: Урожай, 1971. 328с.
5. Смеян Н.Н., Клебанович В.Ф. Методика повторной бонитировки почв и качественной оценки земель колхозов и госхозов БССР. Минск, Урожай, 1974. 53 с.
6. Чуприс В.А., Павлович В.А. Почвы совхоза «Холопеничи» Крупского района Минской области. Минск: Проектный институт «Белгипрозем», 1969. 74 с.
7. Плодородие почв Беларуси [Электронный ресурс]. URL::http: //plodorodie.ucoz.ru/index/0-5 (Дата обращения25.01.2018).
8. Смеян Н.И. Почвы и структура посевных площадей. Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 1990. 150 с.
9. Смеян Н.И., Шибут Л.И., Цытрон Г.С., Вабищевич Н.М. Пригодность почв северо-восточной части Минской области под основные сельскохозяйственные культуры. Минск: институт почвоведения и агрохимии, 2002. 33 с.

THE APPLICATION OF GIS ANALYSIS TO STUDY AGRICULTURAL INDUSTRIAL SOIL PROPERTIES

O.M. Kovalevskaya, I.A. Efimova

Belarusian state University, Minsk, Belarus, kovalevskaya-o@mail.ru

Summary. *The article analyzes the physical and geographical conditions and features of the soil cover of JSC «Holopenichi», on the basis of which the use of GIS technologies is carried out private agricultural group of soils to determine their potential suitability for the cultivation of crops.*

Keywords: *agro-production grouping of soils, physical and geographical conditions, soil-forming rocks, features of soil cover, GIS-technology.*

УДК 911.52

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЪЕМКИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСОБОЛОТНЫХ ЭКОТОНОВ

М.А. Каширо[1], А.А. Синюткина[2], Л.П. Гашкова[1, 2]

[1] Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, mkashiro@yandex.ru
[2] Сибирский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Томск, ankalaeva@yandex.ru

Аннотация. *В статье представлены результаты георадиолокационных исследований, проведенных в условиях мелкозалежных участков болот и заболоченных лесов в пределах окраинной части Бакчарского болотного массива (северо-восточная часть Большого Васюганского болота). Разработаны и апробированы алгоритмы интерпретации георадарных данных на основе выявления закономерностей затухания волны в зависимости от смены характеристик торфа с глубиной.*
Ключевые слова: *георадар, заболачивание, послойная интерпретация, осциллограмма, Васюганское болото, торфяные почвы.*

Гидроморфная трансформация прилегающих к болотам территорий является актуальной проблемой для таежной зоны Западной Сибири. Для оценки тренда заболачивания в пределах лесоболотных экотонов и выявления зон потенциального заболачивания необходимо проведение комплексных исследований с использованием современных методов и подходов сбора фактического материала и обработки полученных данных, в том числе с применением метода георадиолокации. Необходимость использования методов неразрушающего контроля обусловлена недостаточностью информации, получаемой с использованием наблюдений на выбранных репрезентативных участках для набора массива статистических данных [1]. Недостатком традиционных методов исследования почвенного покрова и торфяной залежи является низкое пространственное разрешение получаемых данных при обследовании обширных по площади территорий в связи с их высокой трудоемкостью и часто трудной доступностью объектов исследования [2, 3]. С использованием метода георадиолокации возможно получение информации о глубине и стратиграфии торфяной залежи. Точность и детальность полученной информации будет соответствовать данным, собранным с помощью контактных исследований, но со значительно большим пространственным разрешением (до нескольких см вдоль линии профиля). В результате интерпретации данных георадиолокации могут быть выделены слои, имеющие различия в плотности, степени разложения и влажности торфа [4, 5]. Торфяная залежь отличается низкой электропроводностью слоев, что обеспечивает большую глубину проникновения волн и резкое изменение плотности торфа в сравнении с минеральными отложениями, что обеспечивает четкое отражение и хорошую визуализацию на радарограмме [6]. Проведенные ранее исследования [7] показали наличие сложно интерпретируемых границ между горизонтами торфяной залежи, а также торфом и отложениями минерального дна болота при высокой степени разложения и малой мощности торфяной залежи. Часто сложно интерпретируемые участки радарограмм территориально соответствуют окраинным частям болотных массивов и окружающих их заболоченным лесам. Целью исследования является разработка алгоритмов интерпретации данных георадиолокации в условиях мелкозалежных участков болот и заболоченных лесов, в частности в пределах лесоболотных экотонов.

Объектом георадиолокационной съемки является окраинная часть Бакчарского болотного массива (южно-таежная зона Западной Сибири). Георадарная съемка проведена с использованием георадара ОКО-2 в комплекте с двумя экранированными антенными блоками АБ-250 МГц и АБ-700 МГц. Параметры съемки приведены в таблице. С использованием антенного блока АБ-250 получен основной массив данных о глубине торфяной залежи в пределах лесоболотного экотона. Радарограмма, полученная с использованием антенного блока АБ-700 в

пределах сосново-кустарничкового осоково-сфагнового болота, применялась для разработки алгоритмов интерпретации данных и выявления закономерностей затухания волны в зависимости от смены характеристик торфа с глубиной. Георадарный профиль включает в себя 20 георадарных трасс, имеющих высотную привязку к средней поверхности болота и уровню болотных вод.

Параметры георадарной съемки с использованием георадара ОКО-2

Антенный блок	АБ-250	АБ-700
Дата съемки	20.03.2018	25.07.2107
Развертка по глубине, нс	200	24
Глубина зондирования, м	4	1
Шаг сканирования, см	5	25
Режим съемки	«по расстоянию»	«по шагам»
Количество профилей	15	1
Протяженность профилей, м	2300	5
Количество точек контактных измерений	18	1

Контактные измерения мощности торфяной залежи и ее стратиграфических горизонтов, отбор образцов торфа для определения ботанического состава, степени разложения и влажности проведены в течение 2017–2018 гг. Пространственное совмещение данных контактных измерений и георадиолокации проведено с использованием GPS навигатора (точность 5 м) и датчика перемещения (в режиме съемки «по перемещению»). Съемка в режиме «по шагам» проведена непосредственно во время отбора проб торфа, при этом скважина соответствовала одной из георадарных трасс профиля. Образцы торфа отобраны и проанализированы с шагом 10 см до глубины 1 м. В лабораторных условиях проведено определение ботанического состава, степени разложения и влажности торфа.

Обработка и интерпретация данных георадиолокации проведена с использование программы GeoScan32. Подготовка данных к интерпретации заключалась в удалении постоянной составляющей сигнала (инструмент «удаление среднего»), усиление сигнала в нижней части профиля, определении нуля шкалы глубин. Выделение основных элементов георадарного профиля (георадарных комплексов) выполнено по конфигурации, интенсивности и протяженности осей синфазности, частотного состава записи, скорости распространения волны. Определение диэлектрической проницаемости и расчет глубин залегания горизонтов торфа проведено путем сопоставления глубин расположения границ между выделенными георадарными комплексами во временной шкале с данными контактных измерений на опорных точках [7].

Выделение границы между георадарными комплексами, соответствующими торфяной залежи и отложениям минерального дна болота проводится по резкому увеличению амплитуды сигнала и изменению рисунка осей синфазности на радарограмме. При интерпретации радарограмм, полученных с использованием антенного блока АБ-250 в режиме съемки «по перемещению» в пределах заболоченного леса выделены сложно интерпретируемые участки радарограмм. В связи с отсутствием четкой отражающей границы между древесным торфом со степенью разложения 50 % и более и отложениями минерального дна, увеличение амплитуды сигнала на большинстве георадарных трасс оказалось незначительным и не всегда визуально отображалось на радарогромме. Кроме того, в сравнении с радарограммами, полученными в пределах болот, в заболоченном лесу отмечена большая доля помех в связи с наличием множества поваленных стволов и выворотней корней деревьев, большей расчлененностью микрорельефа поверхности. Для устранения ошибки в определении мощности торфа на таких участках использовался инструмент «выделение огибающей» (преобразование Гилберта) с помощью которого выполняется визуализация изменения амплитуд при отсутствии в разрезе четких отражающих границ (рисунок 1). Кроме того, при определении мощности торфяной залежи для исключения ошибки, связанной с высокой расчлененностью поверхно-

сти, проводилось усреднение значений мощности торфа с использованием значения 100 георадарных трасс на участке профиля протяженностью 5 м. Сравнение данных георадиолокации и контактных измерений на точках показало высокую сходимость результатов, расхождения в значениях мощности торфа не превышают 3 см.

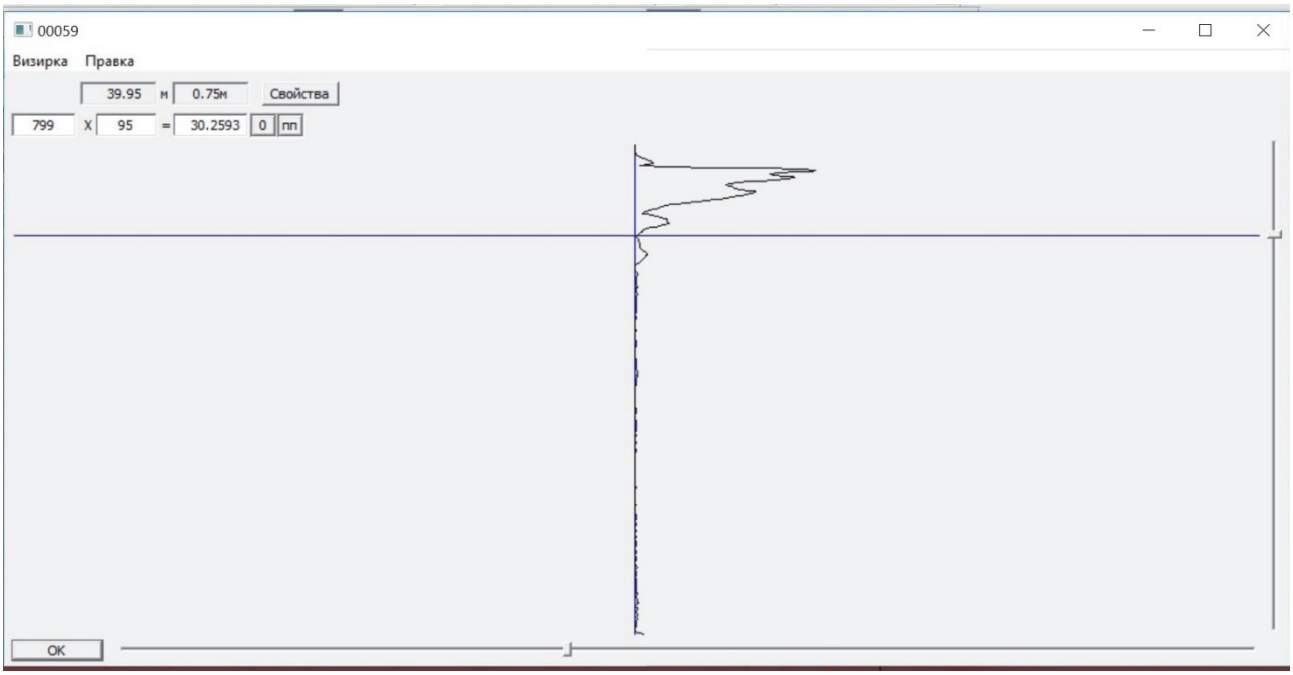


Рис. 1. Осциллограмма георадарной трассы после преобразования Гилберта (окно «визирка» GeoScan 32), горизонтальной линией показана граница торфяной залежи и минерального дна

Обработка и интерпретации данных георадарной съемки, проведенной с использованием антенного блока АБ-700, заключалась в анализе осциллограммы георадарной трассы, соответствующей скважине ручного зондирования. Анализ амплитуд сигнала георадарной трассы позволил выделить три участка осциллограммы, соответствующих залеганию отдельных видов торфа. Верхняя часть георадарной трассы до глубины 33 см характеризуется высокими значениями амплитуды сигнала при некотором затухании сигнала на глубине 27 см, что соответствует смене сфагнового торфа на древесно-сфагновый. При этом граница перехода нечеткая, что не позволило выделить верхнюю границу слоя древесно-сфагнового верхового торфа (рис. 2).

На глубине 33–51 см уверенно выделяется слой с резким затуханием сигнала, соответствующий залеганию древесно-пушицевого верхового торфа. Ниже при смене торфа на древесно-травяной низинный и понижении влажности торфа амплитуда сигнала резко увеличивается с последующим постепенным затуханием до границы минерального дна болота. Анализ отклонений фактических значений глубин, полученных по осциллограмме, и расчетных по уравнению экспоненциальной кривой в зависимости от значений амплитуд сигнала, позволил выделить слой на глубине 38–49 см, соответствующий слою с более высокими значениями степени разложения торфа (45%) в сравнении с соседними слоями (35 и 40%) при общем равномерном снижении значений с 5 до 50% с глубиной.

В результате сопоставления георадарных данных (АБ-700) и материалов контактных измерений выявлены следующие особенности интерпретации осциллограмм георадарных трасс по изменению амплитуд сигнала. В большинстве случаев уверенной интерпретации путем визуального анализа осциллограмм поддаются слои торфа, мощностью более 10 см. В верхнем слое торфяной залежи выделение границ возможно с глубины 25–30 см и более. Наиболее точно происходит выделение границ между торфами разных типов и при резкой смене значений влажности и степени разложения торфа (на 5% и более), а также слоев торфа, содержащих в значительном количестве остатки пушицы (более 40–50%), характеризующиеся

резким затуханием сигнала и отсутствием выраженных осей синфазности на радарограмме. В понижениях микрорельефа затухание сигнала происходит медленнее в сравнении с повышенными формами, поэтому для послойной интерпретации оптимально использовать георадарные трассы, соответствующие выровненным пониженным участкам поверхности болота.

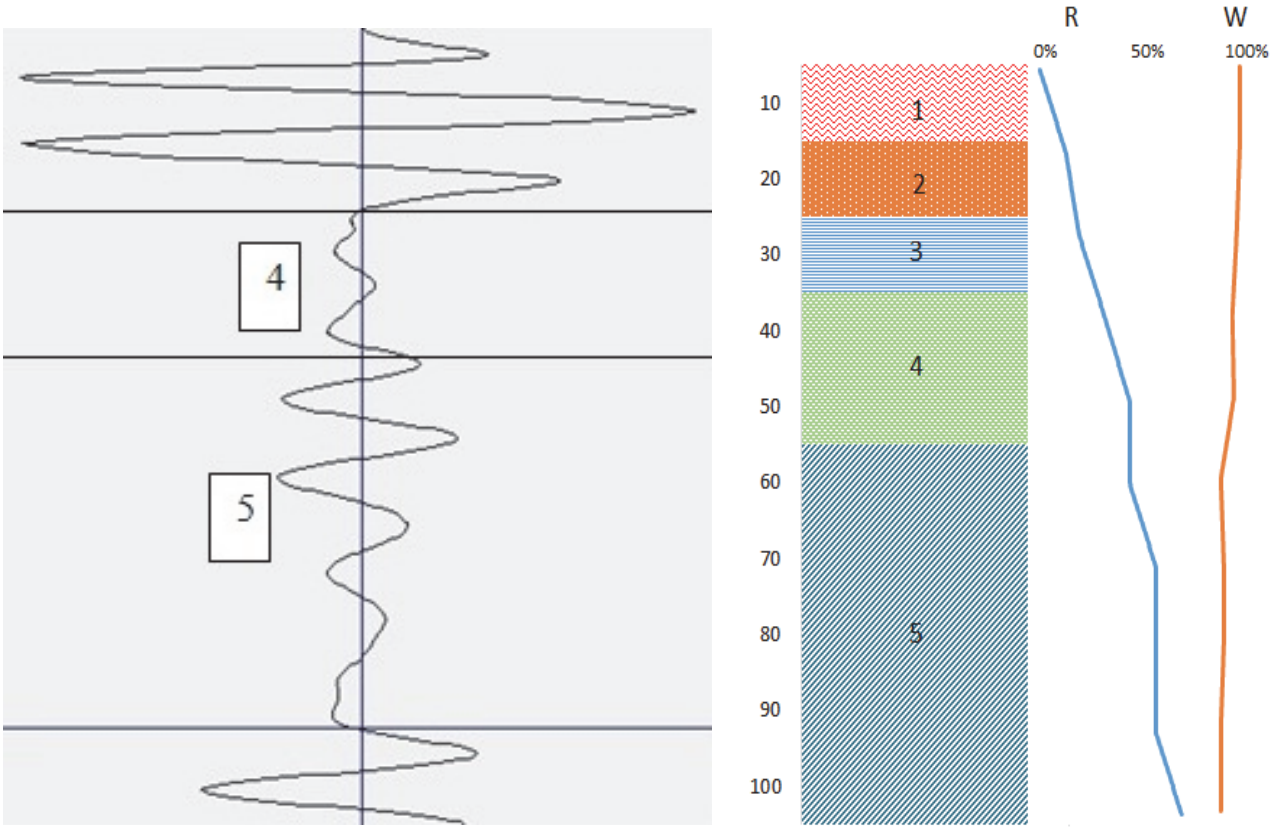


Рис. 2. Соотношение осциллограммы георадарной трассы и стратиграфической колонки торфяной залежи сосново-кустарничкового травяно-сфагнового болота. Виды торфа: 1 – магелланикум верховой; 2 – комплексный верховой; 3 – древесно-сфагновый верховой; 4 – древесно-пушицевый переходный; 5 – древесно-травяной низинный

Таким образом, в результате исследования показаны возможности применения данных георадарной съемки для изучения состояния лесоболотных экотонов. Рассмотрены особенности проведения съемки и интерпретации георадарных данных совместно с использованием георадара ОКО-2 в комплекте с двумя экранированными антенными блоками с частотой зондирования 250 МГц и 700 МГц. Отмечена высокая сходимость георадарных данных в сравнении с контактными измерениями и обоснована возможность применения данного комплекта георадара для изучения стратиграфии торфа мелкозалежных участков болот и заболоченных лесов.

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме «Разработка методики эколого-мелиоративного мониторинга и геоинформационного моделирования состояния и динамики ландшафтного покрова заболоченных территорий» и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00387–мол_а (проведение и интерпретация данных площадной георадарной съемки в пределах лесоболотного экотона).

Литература

1. Дьяконов К.Н., Линник В.Г. Некоторые проблемы науки о ландшафте XXI века // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова, Воронеж, 14–17 мая, 2018 г. Воронеж: ИСТОКИ, 2018. Т. 1. С. 19–24.

2. Ulriksen P. Investigation of peat thickness with radar // Proc. of 6th Int. Peat Congress, Duluth, Minnesota, August 1980. PP. 126-129.

3. Walter J., Hamann G., Luck E., Klingenfuss C., Zeitz J. Stratigraphy and soil properties of fens: Geophysical case studies from northeastern Germany // Catena. 2016. № 142. PP. 112–125.

4. Worsfold R.D., Parashar S.K., Perrot T. Depth profiling of peat deposits with impulse radar. Can. Geotech. Journal. 1986. № 23(2). PP. 142-145.

5. Daniels, D.J. Ground Penetrating Radar, second ed. London: The Institution of Electrical Engineers, 2004. 796 p.

6. Lowry C. Fratta D. Anderson M.P. Ground penetrating radar and spring formation in a groundwater dominated peat wetland // Journal of Hydrology. 2009. № 373. P. 68–79.

7. Синюткина А.А., Рочев В.В. Интерпретация данных георадиолокационной съемки снежного покрова и торфяной залежи в пределах болот и лесоболотных экотонов // Материалы Международной конференции и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS–2018. С. 398–401.

PECULIARITIES OF DATA INTERPRETATION GPR SURVEY OF SOIL COVER OF FOREST-BOG ECOTONES

M.A. Kashiro[1], A.A. Sinyutkina[2], L.P. Gashkova[1, 2]

[1] National Research Tomsk state university, Tomsk, mkashiro@yandex.ru
[2] Siberian Research Institute of Agricultural and Peat – branch of Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Biotechnologies, Tomck, ankalaeva@yandex.ru

Summary. *The article presents the results of georadar-tracking studies conducted in the conditions of shallow peat deposits sites within the marginal part of the Bakchar Bog (the northeastern part of the Greater Vasyugan bog). Algorithms for the interpretation of georadar data are developed and tested based on the detection of patterns of wave attenuation as a function of the change in peat characteristics with depth.*
Keywords: *GPR, paludification, GPR data interpretation, oscillogram, Vasyugan mire, peat soil.*

УДК 631.417.2:504.53.064

НЕТРАДИЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЕМКОСТИ КАТИОННОГО ОБМЕНА ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ

Б.М. Кленов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, kbm1825@ngs.ru

Аннотация. *На примере основных типов почв широтного трансекта Западной Сибири показана возможность более полного использования имеющихся данных фракционно-группового состава гумуса, а также емкости катионного обмена (ЕКО) препаратов гумусовых кислот (ГК и ФК). Эти данные позволяют с помощью простой формулы получить сведения о величине и роли ЕКО именно органической составляющей в составе катионо-обменного комплекса почв. Для полной характеристики процесса обмена катионов,как правило, необходимо определять ЕКО почв одним из общепринятых классических методов.*

Ключевые слова: *органический С почвы, ЕКО почвы, ЕКО органической составляющей почвы, состав гумуса, гуминовые кислоты, фульвокислоты.*

Емкость катионного обмена почв (ЕКО), как известно из классических отечественных работ [1, 2] и последнего исчерпывающего обзора зарубежной литературы [3], определяют природа и свойства органической и минеральной части, а также в значительной степени реакция почвенной среды.ЕКО – один из основных и необходимых физико-химических показателей, характеризующих почвенно-поглощающий комплекс и почву в целом. В любом случае при характеристике почв обязательно указание общего показателя ЕКО. Этот показатель имеет более или менее определенную величину для каждого типа почв, которая в большинстве случаев зависит от содержания в почве органического вещества, в частности, гумусовых кислот, которые обладают высокой ЕКОв связи с содержанием в своем составе кислых функциональных групп – карбоксильных (-СООН) и гидроксильных (-ОН). Водород карбоксильных групп замещается в почвенной среде на катионы металлов в диапазоне значений pH от 5-6,5, и лишь при в щелочном диапазоне в процесс обмена на катионы вступает водород гидроксильных групп [3]. Вместе с тем уже давно известно, что при одинаковом или близком минералогическом составе минеральной части почвенной основы ЕКО возрастает с увеличением содержания гумуса в почве и с усилением степени его разложения и гумификации [1]. В целинных черноземах, например, в почвах России гумусовые кислоты обеспечивалиболее 75% [2, 10], иногда до 90% [3]поглотительной способности почв. Следует полагать, что ЕКО в известной степени может зависеть не только от размеров накопления в почве органического вещества, но и его природы. А природа органического вещества, как известно, тесно связана с типом почвообразования и гумусообразования соответственно. Из анализов литературных данных известно [7], что разные фракции гумуса, отличаясь количественным накоплением, элементным составом, набором функциональных и по другим показателям, соответственно могут отличаться и по катионо-обменным свойствам. Таким образом, и катионо-обменные свойства гумусовых компонентов находится в тесной связи со всем комплексом природных условий. Хорошо известно, что в Западной Сибири, как и в европейской части России, как ни в одной части земного шара, такая связь четко прослеживается на примере широтного зонального ряда почв от тундры до сухих степей.

В настоящем сообщении рассмотрена возможность получения расчетным путем результатов ЕКО органической составляющей в основных типах целинных автоморфных почв так называемого широтного трансекта Западной Сибири. Кроме того, на основе полученных расчетов приведены соображения о ЕКО гумусовых кислот в почвах трансекта. Образцы были отобраны в дерново-подзолистых почвах южной тайги (Томская область), серой лесной почве северной лесостепи, черноземе выщелоченном и обыкновенном центральной лесостепи (Новосибирская область), а также в темно-каштановой почве степи (Алтайский край). Гумусовое состояние этих почв, особенности природы и свойств гумусовых кислот (ГК и ФК)

отражены в ранее опубликованных работах[4-7]. Из этих источников были отобраны наиболее характерные округленные данные состава гумуса и содержания карбоксильных групп в гуминовых кислотах (ГК) и фульвокислотах (ФК), определяющих их ЕКО.

В данном случае эти показатели оказались необходимыми для определения расчетным путем ЕКО гумусовых кислот. По результатам состава гумуса, в частности, по содержанию углерода ГК и ФК к весу почвы вычисляют массовую долю ГК и ФК в анализируемой части образца, по которой рассчитывают их ЕКО, используя содержание карбоксильных групп в препаратах этих кислот, которое обычно выражают в мг-экв на г 100 г сухого беззольного вещества. Общая величина ЕКО органического и минерального комплексов получена известным классическим методом Бобко-Аскинази [8]. Проводить вычисления для каждого случая представляется нецелесообразным, поэтому предлагается простая формула, составленная на примере с образцом из дерновой сильноподзолистой почвы.

Содержание органического углерода, например,*a* равно 1,25%, или 1,25 г в 100 г почвы. По данным фракционно-группового состава гумуса, 30% этого углерода *b* приходится на ГК. К весу почвы эта часть углерода будет соответственно составлять *a·b/100.* Умножив *a·b/100* на фактор 1,724 или более целесообразно на 2, по рекомендации В.В.Пономаревой [9], получаем массовую долю ГК *a·b/100·1,724*, в которой можно определить расчетным путем емкость катионного обмена (ЕКО). Для такого расчета необходимо иметь сведения о количестве карбоксильных групп ГК *c*, которое обычно выражается в мг-экв на 100 г препарата (ГК в данном случае), а не почвы. Содержание карбоксильных групп *c*, по существу характеризующее ЕКО препарата ГК, составляет в данной почве 370 мг-экв/100 г ГК. Исходя из пропорции получается, что в 100 г препарата ГК содержится 370 мг-экв, а в изучаемом количестве ГК *x* мг-экв. Как было указано выше, это количество ГК содержится в 100 г почвы, и равно *a·b/100·1,724*, исходя из вышеприведенных параметров. Поэтому отЕКО препарата ГК переходим к ЕКО ГК в почве. Таким образом, величина $x = a·b/100·1,724·c/100$ показывает ЕКО за счет гуминовых кислот. Аналогичным образом проводится вычисление ЕКО за счет фульвокислот, суммарное значение ЕКО гуминовых кислот и фульвокислот в целом характеризует ЕКО органической части почвы, наиболее способной к катионному обмену. Катионо-обменная способность самой инертной части гумуса – гумина – в литературе н в наших исследованиях также не отмечена, поэтому гумин в составе ЕКО органической части почвы никакой роли не играет. Приняв фактор пересчета органического углерода равным 2, вышеприведенную формулу расчета ЕКО, можно представить более упрощенно: $\boldsymbol{x = 0,0002·a·b·c}$, где *a* – содержание общего органического углерода в почве, %; *b* – содержание ГК или ФК по данным фракционно-группового состава гумуса, в % от общего органического углерода почвы; *c* – содержание карбоксильных групп, мг-эгв/100 г вещества (ГК или ФК). Относительно фактора пересчета органического углерода на гумус или на ГК и ФК следует отметить, что на протяжении всего периода учения о почвенном гумусе исследователи отмечали довольно большую условность коэффициента 1,724, введенного Шпренгелем в 1837 из расчета, что ГК содержат 58% С. Однако ни в одном типе почв гумус состоит не только из ГК, но и ФК, в которых содержание С обычно ниже 50%. Специальные изучение многих литературных материалов и анализ собственных данных, проведенные почти сто лет тому назадИ.В.Тюриным[10] показали, что содержание С в гумусе различных почв колеблется в довольно значительных пределах, а в среднем близко к 50-52%; следовательно, перевод С на гумус должен быть 1,9-2,0. Близкие опытные и расчетные данные были получены и впоследствии [9], что в очередной раз подтвердило условность общепринятого коэффициента 1,724 для вычисления гумуса по найденному органическому С.Полученные расчеты по вышеприведенной формуле приведены в таблице.

Как и следовало ожидать, ЕКО гумусовой части, точнее ЕКО за счет ГК и ФК, в почвах изученного трансекта изменяется по такой же закономерности, как и накопление гумуса. Именно в целинных аналогах серой лесной почвы и черноземов, где сильнее всего и с наиболее интенсивным гумусообразованием в данном ряду выражена дерновая стадия развития почвообразования, прослеживаются наивысшие значения ЕКО (19-26 мг-экв/100 г вещества).

Что касается ЕКО почвы в целом, т.е. ЕКО её гумусового комплекса и минеральной основы, то она в изученном ряду также показывает ту же закономерность, что и накопление гумуса. Как и накопление гумуса, ЕКО зависит от интенсивности биологического круговорота и особенностей минералогического и механического состава почв.

ЕКО гумусовых кислот почв широтного трансекта Западной Сибири

Почвы	С почв, %	Сгк	Сфк	ЕКО		ЕКО почвы за счет			ЕКО почв	ЕКО орг., % от ЕКО почв.
				ГК	ФК	ГК	ФК	ГК+ ФК		
Дерново-сильноподзолистая	1,25	30	40	350	400	2,6	4,0	6,6	14	47
Дерново-среднеподзолистая	2,20	35	40	350	300	5,4	5,3	10,7	20	53
Дерново-слабоподзолистая	2,60	40	35	250	300	5,2	5,.4	10,6	22	53
Серя лесная	3,00	30	35	400	550	7,2	11,5	18,7	30	62
Темно-серая лесная	3,20	35	35	400	550	8,9	12,3	21,3	32	66
Чернозем выщелоченный	3,90	45	20	500	700	15,1	10,4	25,5	37	69
Чернозем обыкновенный	3,70	35	20	480	650	12,4	9,6	22,0	35	63
Темно-каштановая	1,40	30	20	470	650	3,9	3,6	7,5	17	44

Результаты проведенного изучения показали, что в большинстве типов изученных почв больше половины, а в черноземах до 70% обусловлено органическим веществом. Такое заключение в определенной мере условно и основано на допущении постоянства или незначительного изменения общей ЕКО в неэродированных почвах в зависимости от длительности использования их в пашне. Например, биологические и минерализационные потери гумуса из почвы вызывают сильное снижение ЕКО гумусовой составляющей. В некоторых наших работах показано, что под влиянием распашки и последующего длительного использования черноземов Приобья без систематического применения необходимых доз органических удобрений в течение 100 лет и более ЕКО гумусовой части может снизиться с 60% до 40% от общей ЕКО почвы. Кроме того, под влиянием ненормированного орошения за счет возникающей ирригационной эрозии теряется гумус из почвенного профиля и, как следствие этого явления, идет снижение общей величины ЕКО [11]. Полученные данные ЕКО гумусовых кислот позволили вполне определенно показать, что варьирование её как по величине, так и по доле в общей ЕКО в пределах трансекта происходит в соответствии с географической закономерностью гумусообразования. Максимальные значения ЕКО гумусовых кислот и почв в целом характерны для центральной части трансекта,т.е. черноземам, а минимальные – для почв конечных частей трансекта, т.е. почвам подзолистого и каштанового типа соответственно. Таким образом, некоторые аналитические данные гумусового состояния (фракционно-групповой состав гумуса) и ЕКО препаративно выделенных гумусовых кислот могут оказаться полезными и необходимыми, причем без проведения длительных и трудоемких аналитических процедур, для получения дополнительной информации – установления роли собственно гумусовых кислот в составе почвенного поглощающего комплекса (ППК).

По полученным данным быливыполнены дополнительные расчеты доли ЕКО на весовую единицу (1 г) органической и минеральной частей почвы. Полученные результаты во всех случаях составляли 2,5-3 мг-экв для гумусовых кислот и 0,10 мг-экв для минеральной части почвы, т.е. результаты оказались малоинформативными. И только для черноземов отмечены несущественные отличия: 4,5 и 0,15 мг-экв соответственно. Тем не менее с определенной долей условности эти данные свидетельствуют, что в черноземах наибольшее число позиций для обменных катионов.

Необходимо отметить, что в последнее время, в зарубежной литературе в особенности, предпринимаются попытки проводить контрольные определения общей ЕКО почвы расчетным путем. Тенденция заменить некоторые длительные химико-аналитические процедуры вызывает одобрения, однако следует иметь в виду необыкновенную сложность почвы как природного объекта, что отмечено также и автором обзора. Поглотительная способность почв и ЕКО её минеральной и органической частей до сих пор представляют один из трудных и до конца невыясненных вопросов почвенной химии. Ввышеупомянутом обзоре [3] предложены разработанные формулы для определения ЕКО почв, требующие дальнейшей апробации.

$$ЕКО = 5{,}13 + 0{,}23 \times (\%\ \text{ила}) + 2{,}27 \times (\%\ Сорг)$$

$$ЕКО = 0{,}123 + 2{,}97 \times (\%Сорг)$$

Третья формула расчетов наиболее интересна в том плане, что в ней учитываются все три параметра, определяющие ЕКО: органическая и минеральная почвенные основы и, что немаловажно, pH. Показателю pH уделяется обычно значение, потому что с ним связано физико-химическое состояние почвенных коллоидов, в частности степень диссоциации функциональных групп.Более того, органический углерод определяется по методу мокрого сожжения, близкому к методу И.В.Тюрина.

$$ЕКО = 3{,}7 - 0{,}28\ pH + 2{,}6 \log_{10}(C_{орг}) + 0{,}28\ (\%\ \text{ила})$$

На примере многихданных для почв, представленных в книге «Почвы Новосибирской области» [4] нами выполнены соответствующие расчеты. К сожалению, совпадения данных сибирских исследователей с расчетными данными по приведенной формуле не отмечалось. Данное обстоятельство наводят на мысль, что выводы американских авторов скорей всего справедливы в пределах объекта их исследования. Однако следует принять во внимание очень важный момент, а именно:илистая фракция по американской классификации представляет собой частицы размером менее 0,002 мм, а не 0,001 мм, как по российской классификации Н.А.Качинского. В этом представляется одна из причин неприменимости приведенной формулы.

Заключение. Установлено, что некоторые определения показателей гумусового состояния, и свойств гумусовых кислот при более обстоятельном их изучении могут оказаться полезными и для получения других показателей, например, ЕКО гумусовых кислот, являющихся наиболее активной частьюпочвенных коллоидов. Получаемые расчетным путем данные на примере почв широтного трансекта оказываются весьма информативными для оценки роли органической части почвы в составе её ЕКО. ЕКО органического комплекса, как и общая ЕКО, в почвах широтного трансекта Западной Сибири изменяется потой же географической закономерности, что и накопление гумуса. Кроме того, в северной и южной частях трансекта, приуроченных соответственно к ареалам распространения почв подзолистого и каштанового типа, основная часть ЕКО приходится на минеральный комплекс. В почвах же центральной части трансекта большая часть ЕКО приходится на органический комплекс. Серые лесные почвы по составу ЕКО, видимо, все-таки тяготеют к промежуточному положению.

Литература

1. Винокуров М.А. Емкость обмена минерального и органического комплексов // Почвоведение. 1941. № 5. С. 32–44.
2. Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. 320 с.
3. Murphy, B, W, Soil Organic Matter and Soil Function Review of the Literature and Underlying Data. Department of the Environment, Canberra, Australia. 2014. 155 p.
4. Почвы Новосибирской области (под ред. Ковалева Р.В.). Новосибирск: Наука, 1966. 422 с.
5. Кленов Б.М., Корсунова Т.М. Гумус некоторых типов почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1976. 158 с.
6. Кленов Б.М. Гумус почв Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 144 с.
7. Кленов Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2000. 176 с.
8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 488 с.
9. Пономарева В.В., Плотникова Т.Н. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1980. 222 с.

10. Тюрин И.В. Органическое вещество почв. М.: Сельхозгиз, 1937. 288 с.
11. Klenov B.M. Change of Cation Exchange Capacity as Influenced by Plowing and Irrigation // Functions of Natural Organic Matter in Changing Environment. 2013. P. 839-842.

UNCONVENTIONAL APPROACH TO DETERMINATION OF CATION EXCHANGE CAPACITY OF HUMUS ACIDS

B.M. Klenov

Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, Novosibirsk, kbm1825@ngs.ru

Summary. *At the example of main soil types of latitud in altransect of Western Siberia an opportunity has been shown for more complete use of available data of fractional and group humus composition as well as cation exchange capacity (CEC) of the preparations of humus acids (HA and FA). By means of simple formula these data permit to additional knowledge on value and role of CEC of just organic constituent in the composition of soil absorbing complex. To obtain more complete description of cation exchange process the determination of soil CEC is required by one of generally accepted classical method.*

Keywords: *soil organic C, soil CEC, CEC of soil organic constituent, humus composition, humic acids, fulvic acids.*

УДК 631.452 (571.15)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВ АГРОГЕННЫХ ПОЧВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Е.В. Кононцева, Ж.Г. Хлуденцов

Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, kononcevaasau@mail.ru

Аннотация. *Набор специфичных состояний почвенных признаков может служить центральным образом агрогенных почв данного региона (региональный эталон). Для каждого центрального образа рассчитаны специфичные состояния почвенных признаков. Разработана информационно-логическая модель зонального эталона агрогенных почв (агрочерноземов, агроземов, агроаброземов), учитывающая таксономический вес признаков. Полученная модель может использоваться для диагностики почв и мониторинга их агроэкологического состояния.*

Ключевые слова: *почвенные эталоны, классификация, диагностический признак, таксономический вес, математическая модель.*

Актуальность. Пространственное моделирование почвенного покрова осуществляют с помощью отображения неоднородностей почвенного покрова территории. При этом используют различные классификации почв [3–5, 7, 9–11], многообразие которых связано с применением разнообразных принципов их построения. Выделяют классификации генетические, профильные, субстантивные, факторные, а также их различные комбинированные варианты (профильно-генетическая, факторно-генетическая и т.п.). По мнению современных ученых [1, 2, 3] классификации имеют определенные недостатки «и ни одна из классификаций не способна объединить в себе все стороны такого сложного явления как почва» [9].

Новая российская классификация 2004, относящаяся к субстантативно-генетической, основана на принципах генетичности (выражается в выборе диагностических горизонтов и свойств, характерных для почв сходного генезиса), историчности (выражается в использовании традиционных терминов), воспроизводимости (обеспечивается введением количественных критериев в систему диагностики), открытости (допускает введение новых таксонов без изменения структуры классификации) и др. [6]. В соответствии с этой классификацией выделены антропогенно-преобразованные почвы, систематика и диагностика которых требует специальных исследований таксонов на типовом и подтиповом уровне, а также в выделении количественных параметров нижних таксономических единиц.

Практически все почвенные классификации, независимо от их принципов, приходят к признанию определенного ограниченного числа близких по смыслу центральных образов – типов почвообразования. Новая классификация почв 2004 г тоже не является исключением. Центральный образ (традиционная, типичная почва) нужен для изложения генетической концепции, для научного обоснования смысла выделения таксонов.

Классификационная проблема в почвоведении заключается даже не в принципах классификации, а в том, как классификационная единица должна диагностироваться. Ведь классификационная граница между таксонами проводится по количественным градациям характеристик диагностических признаков.

Наибольшую трудность при этом представляют почвы переходных групп (подтипов), так называемые «классификационные соседи», которые соседствуют через классификационную границу и могут быть ближе друг к другу, чем каждый из них к своему собственному центральному образу.

В настоящей работе проведена попытка обоснования так называемых «центральных образов» региональных почв, т.е. разработки количественных параметров диагностики региональных эталонов с помощью информационно-логического анализа.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили на примере восьмого почвенного района – агрочерноземов текстурно-карбонатных средне и сильно гумусированных мало- и среднемощных [6] подзоны засушливой степи (черноземов южных малогумусных

среднемощных [5]). Были использованы материалы крупномасштабного почвенного обследования АлтайНИИГипрозем за 1983 – 1985гг по шести хозяйствам (выборка – 390 объектов). Между диагностическими свойствами и основными таксономическими группами почв засушливой степи (агрочерноземы текстурно-карбонатные($АЧ_{тк}$), агрочерноземы текстурно-карбонатные гидрометоморфизованные ($АЧ_{тк}^{гм}$), агроземы текстурно-карбонатные ($АЗ_{тк}$), агроаброземы текстурно-карбонатные ($ААб_{тк}$) и гумусово-гидрометоморфические ($Гм_{гу}$) проведен информационный анализ связей. По величине коэффициента передачи информации ($К_{эфф}$), отражающего степень связи между фактором и явлением [8], определен таксономический вес каждого признака. Для каждого центрального образа (таксона) рассчитаны специфичные (наиболее вероятные) состояния признаков (генетически обусловленных свойств почв). Набор этих параметров позволяет дать количественную характеристику таксона агрогенных почв (типа или подтипа).

Оценку таксономического веса признаков проводили в пахотном (PU) и подпахотном (AU) горизонтах по следующим свойствам: содержанию гумуса Г, %; мощности гумусового горизонта ($М_{PU+AU}$, см); $pH_в$; содержанию подвижных фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O), мг/100 почвы; содержанию валового азота ($N_в$), %; гидролитической кислотности (Нг), мг-экв./100 г почвы; сумме поглощенных (обменных) оснований (S), мг-экв/100 г; содержанию гранулометрических фракций размером <0,001мм (ил) и < 0,01 мм (физическая глина), %.

Результаты и обсуждения. В целях перевода качественных признаков в количественные таксономических групп почв (качественные признаки) были выстроены в генетически сопряженный ряд, отражающий интенсивность основного почвообразовательного процесса в соответствии с номером ранга. При разработке центральных образов зональных почв в качестве функции (зависимой величины) выстраивают основные физико-химические свойства почв. В результате информационного анализа выявлено, что таксономические признаки в агропочвах исследуемого района ($АЧ_{тк}$, $АЧ_{тк}^{гм}$, $АЗ_{тк}$, $ААб_{тк}$, $Гм_{гу}$) имеют разный таксономический вес и отличаются по морфологическим и физико-химическим свойствам. Наибольший таксономический вес диагностического признака у $М_{PU+AU}$ (0,2467), что обусловлено, по-видимому, разной интенсивностью процесса почвообразования и интенсивностью проявления эрозионных процессов вследствие антропогенного использования территории. Зачастую, это ложится в основу выделения таксонов (агроземов, агроабраземов) новой классификации почв 2004 г. Также высоким значением таксономического веса диагностического признака обладает $pH_в$ в горизонте PU (0,1510), в подпахотном горизонте AU его значение снижается (0,0735). Это обусловлено степенью гидроморфности почв исследуемого ряда. В автоморфных почвах ($АЧ_{тк}$, $АЗ_{тк}$, $ААб_{тк}$) это определяет степень карбонатности и загипсованности, а в полугидроморфных и гидроморфных почвах ($АЧ_{тк}^{гм}$, $Гм_{гу}$) – степень засоления (за счет высоко минерализованных грунтовых вод, оказывающих значимое влияние на содержание солей и величину $pH_в$).

Достаточно высокими значениями таксономического веса диагностического признака обладают P_2O_5 (в подпахотном горизонте AU-0,1184, в горизонте PU, его значение чуть ниже 0,1115); S (в подпахотном горизонте AU – 0,1151, в горизонте PU – 0.0609); K_2O (в подпахотном горизонте AU – 0,1028, в горизонте PU – 0.0651) и $N_в$ (в пахотном горизонтеPU – 0,0777, а в подпахотном горизонтеAU – 0,0512). Более высокий таксономический вес в подпахотном горизонте, чем в пахотном, объясняется тем, что пахотный горизонт в результате гомогенизации под действием сельскохозяйственного использования утратил отличительные особенности между данными таксономическими группами.

Значительно ниже таксономический вес таких диагностических свойств как содержание гранулометрических фракций размером <0,001мм (ил) (в пахотном горизонте PU – 0,0635, а в подпахотном горизонте AU – 0,0564) и < 0,01 мм (физическая глина) (в горизонте PU – 0,0611, а в горизонте AU – 0,0375). Возможно, это обусловлено геохимической приуроченностью гидроморфных почв к аккумулятивным и транс-супераквальным ландшафтам и эрозионной аккумуляцией физической глины в верхней части профиля. Значения таксономическо-

го веса диагностического признака содержания гумуса составляют в пахотном горизонте PU 0,0598, а в подпахотном горизонте AU оно снижается до 0,0405.

Информационный анализ позволяет также определить специфичные (наиболее вероятные) состояния свойств для каждой таксономической группы исследуемых почв. Набор этих свойств может служить виртуальным (центральным) образом определенного таксономического типа (подтипа) для данного региона (региональный эталон). Так, для агрочерноземов текстурно-карбонатных ($АЧ_{тк}$),таким эталоном является почва, которая характеризуется мощностью (PU+AU) ($М_{PU+AU}$) > 35 см (3-5 ранг); содержанием гумуса в горизонте PU 2,5-3,5 % (3-4 ранг) и в подпахотном горизонте AU менее 2,5 % (1-2ранг); суммой поглощенных оснований 15,0-25,0 мг.-экв./100 г (2-3 ранг); $pH_в$ в горизонте PU и в горизонте AU 7,0-7,5 (2ранг); содержанием валового азота 0,15-0,25 % (3-4 ранг) в пахотном, и 0,10-0,20 (2-3 ранг) подпахотном горизонтах; содержанием подвижного фосфора P_2O_5 в горизонте PU 20,0-25,0 мг/100 г(4 ранг) и 15,0-25,0 мг/100 г (3-4 ранг) в подпахотном горизонте; обменного калия K_2O_2 20,-30,0 мг/100 г (3 ранг) в горизонте PU и менее 20,0 мг/100 г (1-2 ранг) в подпахотном горизонте. Для большинства свойств специфичным является аккумулятивный характер распределения в верхних горизонтах.

Эталон агроземов текстурно-карбонатных ($АЗ_{тк}$) характеризуется мощностью (PU+AU) ($М_{PU+AU}$) 30-40см (2-3 ранг); содержанием гумуса в горизонте PU 2,5-3,5 % (3-4 ранг) и в подпахотном горизонте AU< 2,5 % (1-2ранг); S в горизонте PU > 20,0 мг.-экв./100 г (3-4 ранг), в горизонте AU 15,0-25,0 мг.-экв./100 г (2-3 ранг); $pH_в$, в горизонте PU <7,5 (1-2 ранг) и в подпахотном горизонте AU 7,0-7,5 (2ранг); содержанием валового азота 0,10-0,20 % (2-3 ранг) и в пахотном и в подпахотном горизонтах; содержанием P_2O_5 в горизонтах PU и AU 15,0-25,0 мг/100 г (3-4 ранг); K_2O_2 10,-30,0 мг/100 г (2-3 ранг) в горизонте PU и < 20,0 мг/100 г (1-2 ранг) в подпахотном AU горизонте.

Для агроабраземов текстурно-карбонатных ($ААб_{тк}$) эталоном является почва, характеризующаяся наиболее низкими значениями специфических состояний, в которой $М_{PU+AU}$ составляет <30 см (1ранг); содержание гумуса в горизонте PU и AU< 2,0 % (1ранг); S в горизонте PU < 20,0 мг.-экв./100 г (1-2 ранг); $pH_в$, в горизонтах PU и AU8,0-8,5 (4 ранг); содержание валового азота в пахотном <0,15% (1-2 ранг) и <0,10% (1ранг) в подпахотном горизонтах, содержание P_2O_5 в горизонте PU <10,0 мг/100 г (1 ранг), а горизонте AU 10,0-15,0 мг/100 г (2 ранг) ; K_2O_2 <20,0 мг/100 г (2-3 ранг) в горизонте PU и <10,0 мг/100 г (1 ранг) в подпахотном AU горизонте. Это сильноэродированные почвы, утратившие мощный гумусовый горизонт, сохранившие лишь нижнюю, переходную ее часть с содержанием гумуса до 2%.

Эталон агрочерноземов текстурно-карбонатных гидрометоморфизованных ($АЧ_{тк}^{гм}$) характеризуется более высокими значениями специфических состояний. Так, мощности гумусового горизонта соответствуют значения >35 см (3-5 ранг); содержанию гумуса в горизонте PU->3,5 % (5 ранг) и в подпахотном горизонте AU< 2,0 % (1ранг); $pH_в$ – < 7,5 (1-2 ранг) в пахотном и подпахотном горизонтах; сумме поглощенных оснований 15,0-20,0 мг.-экв./100 г (2 ранг) в пахотном и < 20,0 (1-2 ранг) в подпахотном горизонтах; содержанию валового азота в PU 0,2-0,25% (4 ранг) и <0,15 (1-2 ранг) в подпахотном AU горизонтах; содержанию подвижного фосфора P_2O_5 10,0-30,0 мг/100 г (2-3 ранг) и в пахотном и в подпахотном горизонтах; обменного калия K_2O_2 > 30,0 мг/100 г (4-5 ранг) в горизонте PU и 10,0-30 мг/100 г (2-3 ранг) в подпахотном горизонте AU.

Усиление гидроморфизма у гумусово-гидрометоморфических почв ($Гм_{гу}$) привело к снижению значений специфических состояний эталонов практически по всем свойствам на 1-2 ранга по сравнению с $АЧ_{тк}$ и на 2-3 ранга по сравнению с $АЧ_{тк}^{гм}$. Исключение составили специфические состояния $pH_в$, значения которого возросли у $Гм_{гу}$ до > 8,5 (5 ранг) как в пахотном PU, так и в подпахотном AU горизонтах. Это свидетельствует о значительном влиянии минерализованных грунтовых вод на распределение солей в почвенных профилях и величину $pH_в$ по генетическим горизонтам.

При диагностике почв не всегда имеется полный набор признаков того, или иного «центрального образа». Вопрос к какому таксону отнести почву решается в зависимости от того

какой общий таксономический вес набирается по всем признакам. Учитывая таксономический вес признака разработана информационно-логическая модель, построение которой основано на сопоставлении коэффициентов эффективности передачи информации $К_{эфф}$, специфичных состояний и информативности. Она имеет следующий вид:

$$ТП=M\boxtimes (pH^{PU}\boxtimes P_2O_5{}^{AU}\boxtimes S^{AU} \vee (P_2O_5{}^{PU}\boxtimes K_2O^{AU}\boxtimes N_B{}^{AU}))$$

где ТП – ранг типа почвы; M, pH, P_2O_5, S, K_2O, N_B – ранг типа почвы в зависимости от мощности гумусового горизонта, реакции среды, содержания подвижного фосфора, суммы поглощенных оснований, содержания подвижного калия, содержания валового азота,; PU, AU – наименование горизонта по классификации 2004 года; $\boxtimes$ – знак логической функции нелинейного произведения, $\vee$- знак логической функции дизъюнкции.

Безошибочный прогноз полученной модели составляет 25%, а с ошибкой в один ранг прогнозирующая способность модели увеличивается до 70%. Достоверность модели оценивалась с помощью параметрических критериев. Поскольку фактическое значение критерия Стъюдента (0,57) меньше, чем теоретическое (1,71) – нулевая гипотеза не опровергается и это значит, что различия между фактическими и расчетными значениями несущественны.

Заключение. Математическая модель учитывает значимость каждого признака (с помощью функций многозначной логики) и их взаимодействие (комплексное участие в почвообразовании) и позволяет сделать объективный выбор решения. Модель можно использовать для диагностики почв и мониторинга их агроэкологического состояния.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-44-220003.

Литература

1. Вальков В.Ф. Достоинства и недостатки новой классификации почв России [текст] / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Почвоведение. 2006. № 5. С. 621-626.

2. Герасимова М.И. Сравнение принципов, структуры и единиц классификации почв России и Международной почвенной классификации [текст] // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2015. Вып. 79. С. 23–35.

3. Добровольский Г.В. Систематика и классификация почв (История и современное состояние) [текст] / Г.В. Добровольский, С.Я. Трофимов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. 78 с.

4. Кононцева Е.В. Использование современной классификации почв в номенклатуре таксономических единиц почвенного покрова естественных и агроценозов Западной Сибири / Е.В. Кононцева, Ж.Г. Хлуденцов // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с междунар. участием науч. конф. (Белгород, 15-22 августа 2016 г.): в 2 ч. Москва; Белгород: Издательский дом Белгород, 2016. Ч. 1. С. 180–181.

5. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 221 с.

6. Классификация и диагностика почв России / сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.Н. Лебедева. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

7. Пивоварова Е.Г. Современное состояние почв и антропогенная трансформация почвенного покрова увалисто-холмистых Предгорий Алтая / Е.Г. Пивоварова, Е.В. Кононцева, Ж.Г. Хлуденцов, Е.М. Комякова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (135). С. 47–54.

8. Пузаченко Ю.Г. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения / Карпачевский Л.О., Взнуздаев Н.А. М.: Наука, 1970. С. 103–121.

9. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения [текст. Новосибирск, 2004. 296 с.

10. Фридланд В.М. Основные принципы и элементы базовой классификации почв и программа работы по ее созданию. М., 1982. 149 с.

11. Soil Taxonomy: USDA. Agric. Handbook. Washington, 1975. № 436.

MATHEMATICAL RATIONALE OF CENTRAL IMAGES OF AGROGENIC SOILS OF THE ALTAI REGION

Ye.V. Konontseva, J.G. Khludenzov

Altai State Agricultural University, Barnaul, kononcevaasau@mail.ru

Summary. *A suite of specific conditions of soil feature smay serve as the central image of agrogenic soils of a given region (regional standard).Specific conditions of soil feature swere calculated for each central image. The information-logical model of the zonal standard of agrogenic soils (agrochernozems, agrozems, agroabrozems) was developed to take into account the taxonomic weight of the features. The obtained model may be used for diagnosis of soils and monitoring of their agroecological status.*

Keywords: *soil etalons, classification, diagnostics ignк, taxonomic weight, mathematical model.*

УДК 631.445.1:631.417.2 (470.32)

ОСОБЕННОСТИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПЕРЕВОДНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ УГЛЕРОДА НА ГУМУС В ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ ОКСКО-ДОНСКОЙ РАВНИНЫ

В.А. Королев, А.И. Громовик

Воронежский государственный университет, Воронеж, agrom.ps@mail.ru

Аннотация. *Предложены принципы расчета и особенности использования дифференцированных переводных коэффициентов углерода на гумус (ДПК) на примере пойменных почв Окско-Донской равнины. Установлено, что в изучаемых почвах из-за различного типа гумуса ДПК заметно меньше стандартного постоянного К = 1,724 и изменяются от связнопесчаных до легкоглинистых разновидностей в пределах 1,293-1,510. Содержание гумуса во всех разновидностях пойменных почв, рассчитанное с помощью установленных ДПК, оказалось достоверно меньше тех показателей, которые получаются со стандартным коэффициентом. Использование предлагаемых ДПК позволяет получать более объективные и сопоставимые количественные показатели содержания гумуса в почвах разного типа.*

Ключевые слова: *пойменные почвы, углерод, средневзвешенное содержание, тип гумуса, дифференцированные переводные коэффициенты, расчет.*

Введение. Количество и качественный состав гумуса в значительной степени определяют все важнейшие почвенные процессы и свойства. Гумус играет определяющую роль в глобальном цикле углерода вследствие его огромных запасов в почвенном покрове нашей планеты. Гумусовое состояние служит важным показателем плодородия почв и их устойчивости как компонента биосферы. От содержания, запасов и качественного состава гумуса зависят практически все агрономически ценные свойства почв.

Как известно, гумус, или гумусовые вещества, – это особая специфическая группа химических компонентов, присущих только почвенным образованиям и представляющих собой *смесь* различных по составу (прежде всего по содержанию углерода) и свойствам высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений. Хорошо известно также и то, что до настоящего времени в почвоведении отсутствуют прямые методы количественного определения гумуса. Обычно вначале устанавливают содержание органического углерода в почве известными методами (методы сухого и мокрого сжигания, включая наиболее широко используемый в нашей стране метод И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова), а затем рассчитывают содержание гумуса, умножая процентное содержание углерода на стандартный коэффициент 1,724. Этот коэффициент был предложен Э. Вольфом более 150 лет назад, в 1864 г., на основании имеющихся в то время сведений о содержании углерода в гуминовой кислоте, равном 58%. Такое же содержание углерода и стандартный пересчетный коэффициент углерода на гумус принимаются до настоящего времени в отечественном почвоведении для всех почв, независимо от типовых особенностей их гумуса [1, 3].

Современные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что содержание углерода в гумусе разных типов почв неодинаково и изменяется в широких пределах: 36–62% [4-6]. Отсюда следует, что для пересчета содержания углерода на содержание гумуса целесообразно было бы использовать и разные коэффициенты. В данной работе рассматриваются принципы расчета и особенности использования таких дифференцированных переводных коэффициентов углерода на гумус (ДПК) пойменных почв Окско-Донской равнины с разным типом гумуса.

Объекты и методы исследования. Для реализации поставленной цели мы использовали средние показатели группового состава гумуса в гумусовом горизонте пойменных почв Окско-Донской равнины, опубликованные в монографии «Пойменные почвы Окско-Донской равнины …» [2]. Исследования авторами монографии проводились по поперечнику пойм речных долин Цны, Битюга и Икорца в условиях трех подзон (северной, типичной и южной)

лесостепи Окско-Донской низменной равнины, что позволило им выявить влияние гранулометрического состава основных зон осадконакопления (прируслового, центральной и притеррасной) в поймах этих рек на содержание гумуса и его фракционно-групповой состав в почвах.

В гумусовых горизонтах изучаемых разновидностей пойменных почв с достаточным количеством повторностей (12-23) были определены общее содержание углерода и гумуса методом И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова, фракционно-групповой состав гумуса – по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой, гранулометрический состав – методом пипетки с применением пирофосфата натрия [1-3, 7].

Что касается предлагаемых нами ДПК, то для их расчета определяющим показателем является тип гумуса, который, как известно, зависит от соотношения углерода гуминовых кислот (ГК) к углероду фульвокислот (ФК). В свою очередь сами эти кислоты характеризуются различным содержанием углерода. В ГК его количество изменяется в пределах 50-62% и составляет в среднем 56%, в то время как в ФК доля углерода существенно ниже: 36-44%, при среднем содержании равном 40% [4, 6]. На основании усредненного процентного содержания углерода в гумусовых кислотах и абсолютного содержания $С_{ГК}$ и $С_{ФК}$ рассчитывается фактическое средневзвешенное содержание углерода в почве для соответствующего экспериментально установленного отношения $С_{ГК}$:$С_{ФК}$. Полученный показатель используется для расчета, так называемого нами, поправочного коэффициента на углерод ($К_{П}$), представляющего собой отношение фактического содержания углерода в изучаемом почвенном образце к стандартному, общепринятому в настоящее время и равному 58%. Как правило, $К_{П}$ меньше единицы, так как фактическое средневзвешенное содержание углерода в большинстве почв меньше стандартного. И, наконец, рассчитывается ДПК, величины которых равны произведению общепринятого коэффициента 1,724 на $К_{П}$. ДПК могут варьировать в довольно широких пределах и, что принципиально важно, соответствуют фактическому содержанию углерода в гумусе разных почв и обычно меньше общепринятого постоянного К = 1,724. В почвах с гуматным типом гумуса ДПК близки к общепринятому стандартному коэффициенту, а в почвах с фульватным гумусом – существенно ниже. Использование предложенных ДПК позволяет получать более объективные и сопоставимые количественные показатели содержания гумуса в почвах разного типа.

Результаты исследования. Исследования гумусового состояния пойменных почв Окско-Донской равнины показали, что оно разнообразно и обусловлено, прежде всего, влиянием гранулометрического состава. В составе гумуса связнопесчаных разновидностей среднее относительное содержание $С_{ГК}$ составляет 13,5%, $С_{ФК}$ – 48,9% и отношение $С_{ГК}$:$С_{ФК}$ не превышает 0,28. По мере нарастания содержания частиц <0,01 мм с 8% у связнопесчаных почв до 67% у легкоглинистых разновидностей происходит последовательное увеличение $С_{ГК}$ до 37,8% и уменьшение $С_{ФК}$ до 18,0%, при этом отношение $С_{ГК}$:$С_{ФК}$ расширяется до 2,1 (табл. 1).

Пойменные почвы связнопесчаного и супесчаного гранулометрического состава имеют фульватный тип гумуса, вследствие чего средневзвешенное содержание углерода в гумусе не превышает 43,5-44,3%, $К_{П}$ снижаются до 0,750-0,764 и ДПК составляют соответственно 1,293 и 1,317. При этом содержание гумуса в почвах, рассчитанное с учетом ДПК, достоверно ниже тех показателей, которые получаются со стандартным постоянным коэффициентом К = 1,724 (табл. 2).

В пойменных суглинистых почвах с фульватно-гуматным типом гумуса средневзвешенное содержание углерода в гумусе увеличивается до 48-50%, $К_{П}$ и ДПК изменяются соответственно в пределах 0,828-0,862 и 1,427-1,486. Что касается содержания гумуса, то оно, также как и в пойменных почвах с фульватным типом гумуса, достоверно ниже стандартных расчетов. Максимальных значений средневзвешенное содержание углерода в гумусе изучаемых пойменных почв достигает в легкоглинистых разновидностях с гуматным типом гумуса (50,8%), поэтому в них наблюдаются и наиболее высокие показатели $К_{П}$ и ДПК: 0,876 и 1,510 соответственно. Разница в содержании гумуса в данной разновидности, рассчитанного с применением ДПК и общепринятого К=1,724, составляет в абсолютном выражении (% от массы почвы) 0,53% и в относительном – 14,1% (табл. 2).

Таблица 1

Средние показатели группового состава гумуса в гумусовом горизонте пойменных почв Окско-Донской равнины [2]

Гранулометрический состав, число определений	$C_{общ}$, %	$C_{ГК}$	$C_{ФК}$	$C_{н.о.}$	$\frac{C_{ГК}}{C_{ФК}}$	Сумма фракций <0,01 мм, %
		% от $C_{общ.}$				
Песок связный, 15	0,15	13,5	48,9	37,6	0,28	8,0
Супесь, 15	0,47	14,6	40,1	45,3	0,36	12,9
Суглинок легкий, 12	1,65	29,3	29,1	41,6	1,01	25,1
Суглинок средний, 20	1,75	30,9	24,6	44,5	1,26	39,2
Суглинок тяжелый, 23	2,32	35,4	21,5	43,1	1,65	51,8
Глина легкая, 17	2,49	37,8	18,0	44,2	2,10	66,7

Таблица 2

ДПК и содержание гумуса в гумусовом горизонте пойменных почв

Гранулометрический состав	Средневзвешенное содержание углерода в гумусе, %	$К_П$	ДПК	Гумус, %		Разница по гумусу, % $\frac{абс.}{отн.}$
				с К = 1,724	с ДПК	
Песок связный	43,5	0,750	1,293	0,26	0,19	$\frac{0,07}{36,8}$
Супесь	44,3	0,764	1,317	0,81	0,62	$\frac{0,19}{30,6}$
Суглинок легкий	48,0	0,828	1,427	2,84	2,35	$\frac{0,49}{20,9}$
Суглинок средний	48,9	0,843	1,453	3,02	2,54	$\frac{0,48}{18,9}$
Суглинок тяжелый	50,0	0,862	1,486	4,00	3,45	$\frac{0,55}{15,9}$
Глина легкая	50,8	0,876	1,510	4,29	3,76	$\frac{0,53}{14,1}$

Заключение. Современные экспериментальные данные свидетельствуют о существенных различиях фракционно-группового состава гумуса разных типов почв и о неодинаковом содержании углерода в гумусовых кислотах, что обусловливает целесообразность применения дифференцированных коэффициентов пересчета содержания углерода в почвах в содержание гумуса. Установленные качественно-количественные особенности гумуса пойменных почв Окско-Донской равнины и были положены в основу расчетов таких дифференцированных переводных коэффициентов углерода на гумус (ДПК). При этом показатели ДПК в изучаемых почвенных разновидностях могут изменяться в довольно широких пределах и они обычно меньше стандартного К=1,724, так как фактическое средневзвешенное содержание углерода в их гумусе меньше 58%. Так, в почвах связнопесчаного гранулометрического состава с фульватным гумусом средневзвешенное содержание углерода не превышает 43,5% и ДПК равно 1,293, а в легкоглинистых разновидностях с гуматным типом гумуса эти показатели увеличиваются соответственно до 50,8% и 1,510. Содержание гумуса во всех разновидностях пойменных почв, рассчитанное с помощью установленных ДПК, оказалось достоверно меньше тех показателей, которые получаются со стандартным постоянным К= 1,724. Использование предлагаемых ДПК позволяет получать более объективные и сопоставимые количественные показатели содержания гумуса в почвах разного типа.

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.

2. Ахтырцев Б.П., Яблонских Л.А. Пойменные почвы Окско-Донской равнины и их изменение при сельскохозяйственном использовании. Воронеж, 1993. 2016 с.

3. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 272 с.

4. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. М.: Изд-во МГУ, 1974. 333 с.
5. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1985. 376 с.
6. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 332 с.
7. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. 221 с.

FEATURES OF DIFFERENTIATED CONVERSION FACTORS FOR CARBON IN THE HUMUS FLOODPLAIN SOILS OF THE OKA-DON PLAIN

V.A. Korolev, A.I. Gromovik

Voronezh state University, Voronezh, agrom.ps@mail.ru

Abstract. *The principles of calculation and features of the use of differentiated conversion factors of carbon on humus (WPC) on the example of floodplain soils of the Oka-don plain are proposed. It is established that in the studied soils due to different types of humus DPK significantly less than the standard constant K=1,724 and vary from light loam to svatkovskaya species within the 1,293-1,510. Humus content in all varieties of floodplain soils, calculated using the established WPC. It turned out to be significantly less than those indicators that are obtained with a standard coefficient. The use of the proposed WPC allows obtaining more objective and comparable quantitative indicators of humus content in soils of different types.*

Keywords: *floodplain soils, carbon, weighted average content, humus type, differentiated conversion factors, calculation.*

УДК 622.331

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОЙ ПОРИСТОСТИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Е.А. Кузьмин, А.Е. Кузьмин, П.Д. Полозов

Всероссийский научно-исследовательский
институт мелиорированных земель, Россия, Тверская область, Эммаусс, vniimz@list.ru

Аннотация. *Количественное определение активной пористости почвы возможно с помощью метода фильтрации меченой воды. Суть метода состоит в полном вытеснении из влагонасыщенного образца воды – водой, меченой инертной меткой. Представлены количественные данные по изменению пористости и распределения пор по размерам при внесении в торф мелиоранта кальция.*
Ключевые слова: *активная пористость, метки, изотопные разновидности, микропоры, выходные кривые.*

Сложность строения дисперсных материалов (почвы, торфа) требует поиска новых и совершенствования старых методов исследований. Движение воды через поры в почве должно описываться соответствующим решением уравнений Навье-Стокса. Это было бы возможным при условии задания граничных условий, что пока невозможно из-за сложной формы границ пористой среды. Поэтому реальные образцы заменяются некоей усредненной средой, а полученные опытные данные трактуются на основе модельных представлений. Почва, торф представляются набором прямых капилляров различных диаметров (рис. 2). В методе фильтрации меченой воды влагонасыщенный образец почвы промывается в фильтрационной колонке меченой водой [1]. Отсутствовало межфазное натяжение жидкостей. Момент появления на выходе из колонки образцов фильтрата с концентрацией метки, равной исходной, говорило о полном вытеснении свободной воды из образца. Если площадь, например на графике выходных кривых для осокового торфа (рис. 1), ограниченная осью абсцисс, ординат, значением $C/C_0=1$, кривой $C/C_0=f(V/V_0)$ будет соответствовать активной пористости и будет равна площади, ограниченной осью абсцисс, ординат, $C/C_0=1$, $V/V_0=1$, то в торфе нет неподвижной воды, т.к. первая площадь есть количество воды в образце, вторая – полная влагоемкость его. Активная пористость определяется по формуле: $m=(V–V_n)/V_0$, где V, V_n, V_0 – соответственно, объем воды в образце, неподвижной воды, образца. Получаемые выходные кривые дают количественную характеристику по активной пористости, распределении пор по размерам, т.е. позволяляют представить физическую картину фильтрации воды через почву. В качестве меток использовали ионы солей, радиоактивные метки, органические красители. Их размеры, коэффициенты диффузии, ионизирующее излучение оказывали влияние на результаты исследований.

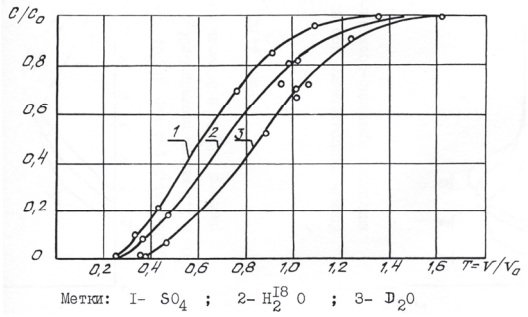


Рис. 1. Выходные кривые для осокового торфа

Нижний предел диаметров фиксируемых пор, через которые может двигаться вода можно оценить как $Д_1+2Д_2$, где $Д_1$ диаметр метки (для воды $3x10^{-10}$ м), $Д_2$-толщина слоя воды, остающаяся неподвижной и зависящей только от градиента напора. Размеры меток: ионов, красителей значительно превышают размеры молекул воды, учитывая их гидратные оболочки. Они не могут проникать в микропоры. В роли наиболее совершенных меток использовались

здесь изотопные разновидности воды-тяжёлая (D_20) и тяжелокислородная (H_2O^{18}). Рис. 1 построен в координатах относительной концентрации меток и относительного объёма, где C_o-начальная концентрация метки, С-текущая, V_0 – активная пористость (объем пор, через которые фактически движется вода, исключая застойные зоны и микропоры) V-текущая.

Для кварцевого песка выходные кривые для трёх меток совпадали, т.е. реально в песке отсутствуют застойные зоны и общая пористость равна активной. Для торфа характерна следующая последовательность: в начале кривая, полученная с помощью анионной метки $S0_4$, затем с тяжелокислородной и в конце с тяжёлой водой. Дополнительная величина фиксируемых микропор от общей пористости оказалась следующей: 0,06 для осокового торфа, 0,11 для магелланикум торфа, 0,03-для древесного, т.е. реально в массопереносе воды в залежи участвует большая величина (по объёму) пор. Этот метод позволяет изучить изменение активной пористости почвы, торфа и в процессе комплексной мелиорации, имеется в виду внесение извести в почву. Дополнительное раскисление почвы за счёт извести ведёт и к изменению величины и размеров водопроводящих пор (рис. 2).

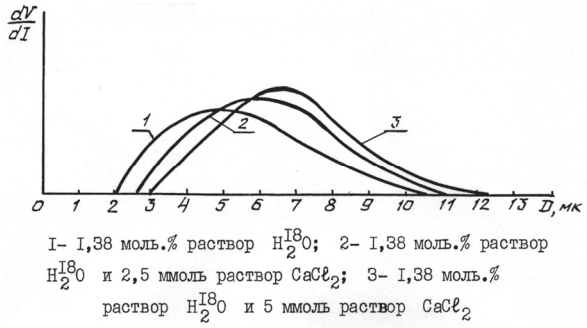


Рис. 2. Распределение пор по размерам для осокового торфа

На рис. 2 видно смещение кривых распределения пор по размерам вправо, в сторону увеличения диаметров пор в процессе пропускания через влагонасыщенный образец торфа растворов хлористого кальция концетрациями 2,5 ммоля и 5 ммоля. Происходит имитация внесения извести в почву. Кальций сорбируется почвой, хлор – нет и остаётся в растворе, который фильтруется в нижележащие слои. Аналогичная зависимость сохраняется и для почв, но для торфа этот процесс более нагляден.

Таким образом, подобный метод с наиболее совершенными метками дозволяет реально определить фактическую активную пористость, распределение пор по размерам и даже в динамических условиях, когда проводятся различные механические, физические, химические воздействия на почву.

Литература

1. Чураев Н.В. Методы исследования водных свойств и структуры торфа с помощью радиоактивных индикаторов // Новые физические методы исследования торфа / Под редакцией М.П. Воларовича и Н.В. Чураева Н.В. М.: Л. Гос. энергетическое из-во, 1960, Гл. III. с. 125-137.

METHOD OF DETERMINATION OF ACTIVE POROSITY OF MELIORATED LAND

E.A. Kuzmin, A.E. Kuzmin, D.S. Polozov

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Emmauss, vniimz@list.ru

Summary. *The quantitative determination of the active porosity of the soil is possible with the help of the method of filtering labeled water. The essence of the method consists in the complete displacement of water from the water-saturated sample of the water – water labeled with an inert label. Quantitative data are presented on the change in porosity and the distribution of pores by size when introducing calcium meliorate into peat.*

Keywords: *active porosity, labels, isotope varieties, micropores, output curves.*

УДК 631. 471

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПО КРУПНОМАСШТАБНЫМ ПОЧВЕННЫМ КАРТАМ РАЗЛИЧНЫХ ТУРОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Д.В. Матыченков, Т.Н. Азаренок, С.В. Шульгина, Л.И. Шибут, О.В. Матыченкова, С.В. Дыдышко

Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, Минск, soil@tut.by

Аннотация. *В статье описывается метод оценки изменения почвенного покрова по крупномасштабным почвенным картам различных годов обследования. Используется гис-анализ цифровых почвенных карт. Данный метод позволяет точно определить количественные и качественные изменения почвенного покрова под влиянием различных факторов почвообразования.*
Ключевые слова: *ГИС, почвенные карты, изменение почвенного покрова, гранулометрический состав почв, степень увлажнения почв.*

Крупномасштабные почвенные карты подробно и точно отражают состояние и отдельные свойства почвенного покрова. Они отражают гранулометрический состав как самих почв, так и подстилающих пород, водный режим почв, а также их генезис. Они являются наиболее объективным и актуальным на момент проведения исследования источником данных о земельных ресурсах. Картографический материал является одним из основных способов представления информации о почвенном покрове. Высокая информационная емкость, достигаемая за счет знаковой системы, наглядность, доступность восприятия, возможность обобщения информации, ее анализа, оценки и прогноза, делают его востребованным для познания генезиса почв, сложных связей между компонентами почвенного покрова и историей его формирования [1]. Их используют для решения как теоретических, так и прикладных вопросов, связанных с изучением пространственной неоднородности и структуры почвенного покрова, закономерных связей почв с факторами почвообразования и урожайностью растений [2–3].

В Республике Беларусь силами РУП «Проектный институт Белгипрозем» регулярно проводятся туры крупномасштабной почвенной съемки масштаба 1:10 000 сельскохозяйственных земель, а также их корректировка. Почвенные карты являются объективным показателем состояния, а также компонентного состава почвенного покрова страны на данный момент времени. Поэтому используя данный картографический материал предоставляется возможность объективно и с количественными параметрами показать изменение почвенного покрова в процессе его эволюции и антропогенной нагрузки.

В качестве объектов нами использованы крупномасштабные почвенные карты различных участков за различные годы съемки следующих хозяйств: колхоза «Третий Решающий» Солигорского района Минской области по материалам корректировки 1989 и 2001 гг.

Для оценки количественного изменения компонентного состава почвенного покрова в результате процесса эволюции и антропогенного воздействия были оцифрованы почвенные карты масштаба 1:10 000. На рисунке 1 представлен участок колхоза «Третий Решающий» Солигорского района Минской области по материалам корректировки 1989 и 2001 гг. В атрибутивных данных были вычислены площади соответствующих почвенных контуров. Далее, средствами гис было проведено пресечение векторных слоев почвенных карт за различные годы. Результирующий слой содержит информацию обо всех почвенных объектах: как за 1989 год исследования, так и за 2001 год. Использую сравнение атрибутивных данных полученных при пересечении полигонов, удалось выяснить произошедшие изменения компонентного состава почвенного покрова, а также вычислить площади почв, которые изменили свои свойства. Причем как в абсолютном значении (в гектарах), так и в относительном (изменение площади почв с определенными свойствами относительно площади всего участка, в процентах). Так, в таблице 1 показано изменение гранулометрического состава в почвенном покрове исследуемого участка в течение 11 лет.

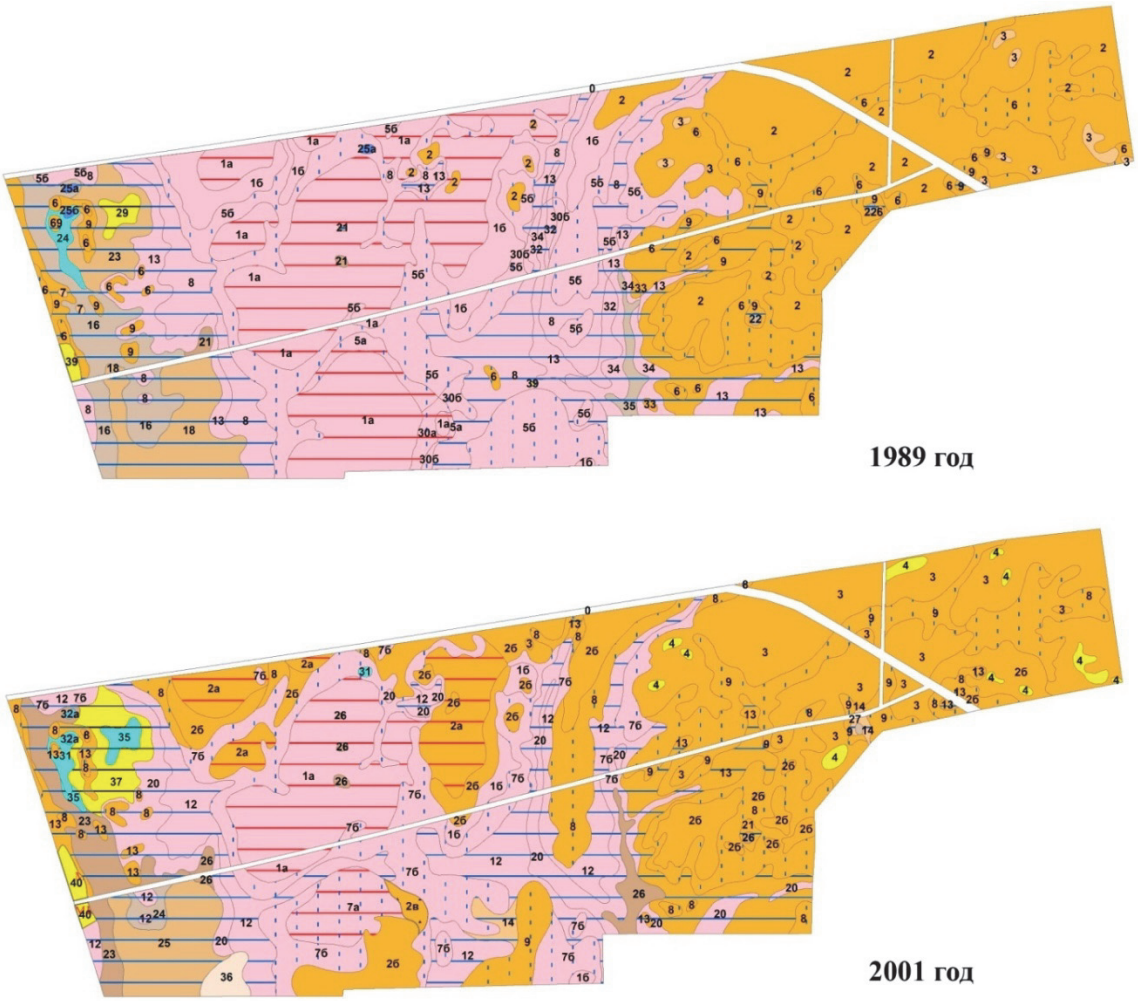


Рис. 1. Фрагменты почвенной карты колхоза «Третий Решающий» Солигорского района Минской области по материалам корректировки 1989 и 2001 годов

Таблица 1

Изменение гранулометрического состава почв участка колхоза «Третий Решающий» Солигорского района Минской области по материалам корректировки 1989 и 2001 годов

Гранулометрический состав	Корректировка 1989 г.		Корректировка 2001 г.		Изменение площади	
	га	%	га	%	га	%
Прочие земли	43,63	3,60	43,63	3,60	0,00	0,00
Легкосуглинистые	634,77	52,39	483,26	39,88	–151,51	–12,51
Связносупесчаные	459,57	37,93	600,86	49,59	141,29	11,66
Рыхлосупесчаные	43,26	3,57	35,74	2,95	–7,52	–0,62
Связнопесчаные	19,54	1,61	9,43	0,78	–10,11	–0,83
Рыхлопесчаные	1,87	0,15	4,22	0,35	2,35	0,19
Торфяно-песчаные	3,87	0,32	30,50	2,52	26,63	2,20
Торфяные	5,19	0,43	4,06	0,33	–1,13	–0,09
Площадь участка	1211,70		1211,70		0,00	0,00

Данные таблицы показывают, что наибольшему изменению подверглись площади легкосуглинистых и связносупесчаных почв. Площадь первых сократилась на 12,51%, а доля вторых увеличилась на 11,66%. Однако, на самом деле произошло не только увеличение доли связносупесчаных почв. Используя методы гис была составлена картограмма изменения гранулометрического состава почвенного покрова (рис. 2).

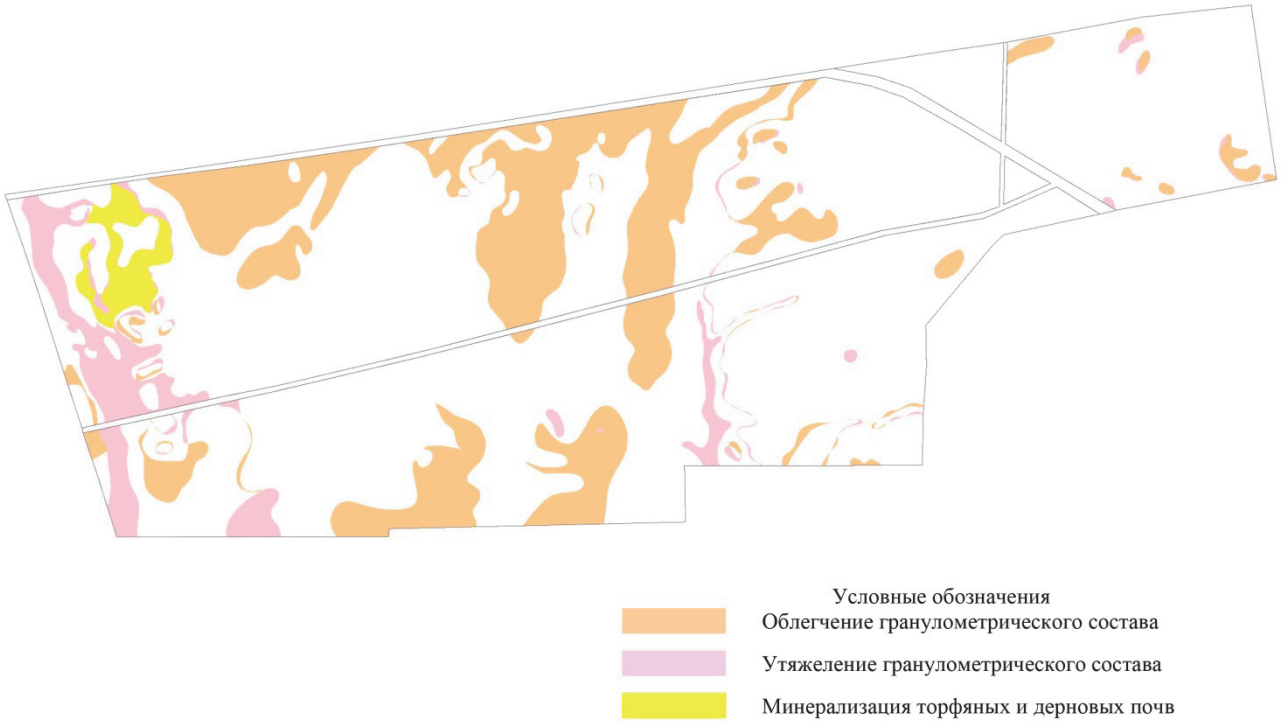


Рис. 2. Изменение гранулометрического состава почвенного покрова колхоза «Третий Решающий» Солигорского района Минской области по материалам корректировки 1989 и 2001 гг.

Таблица 2

Изменение степени увлажнения почв участка колхоза «Третий Решающий» Солигорского района Минской области по материалам корректировки 1989 и 2001 годов

Водный режим	Корректировка 1989 г.		Корректировка 2001 г.		Изменение площади	
	га	%	га	%	га	%
Прочие земли	43,63	3,60	43,63	3,60	0,00	0,00
Автоморфные	481,44	39,75	439,99	36,31	–41,45	–3,42
Временно избыточно увлажненные	319,57	26,37	359,10	29,64	39,53	3,28
Глееватые	267,24	22,05	258,20	21,31	–9,04	–0,75
Глеевые	88,89	7,34	72,00	5,94	–16,90	–1,39
Торфяные	1,15	0,09	0,71	0,06	–0,44	–0,04
Торфяно-глеевые, торфяно-минеральные, минеральные остаточно-торфяные	7,91	0,65	33,85	2,79	25,95	2,13
Нарушенные	1,87	0,15	4,22	0,35	2,35	0,19
Площадь участка	1211,70		1211,70		0,00	0,00

Данная картограмма наиболее правильно отображает изменение почвенного покрова в процессе своей эволюции и антропогенной нагрузки: происходит облегчение гранулометрического состава дерново-подзолистых пахотных почв. То есть легкосуглинистые почвы переходят с связносупесчаные. Однако, происходит и некоторые утяжеление гранулометрического состава дерновых почв. Что наглядно и демонстрируется на приведенной выше картограмме. То есть необходимо судить об изменении гранулометрического состава не только площадным данным сводных таблиц, но и по картограммам: возможны процессы как облегчения, так и утяжеления гранулометрического состава, причем на участках небольших по площади. Это зависит как от пестроты почвенного покрова, так и от большого количества внешних факторов.

Динамику изменения свойств компонентов почвенного покрова предоставляется установить также для водного режима (степени увлажнения), типового состава, агроэкологического состояния. Так, в табл. 2 представлены площади почв с различным водным режимом по дан-

ным корректировки почвенных материалов колхоза «Третий Решающий» Солигорского района Минской области за 1989 и 2001 г.

Полученные в ходе исследований данные доказывают, что почвенный покров в современных условиях под воздействием как антропогенной нагрузки, так и под влиянием естественных факторов почвообразования, продолжает развиваться и изменятся. Причем изменения, фиксируемые на крупномасштабных почвенных картах, проявляются в достаточно короткий промежуток времени – в течение немногим более 10 лет происходят изменения как гранулометрического состава, так водного режима почв.

Использование крупномасштабных почвенных карт различных туров обследования и корректировки и методов геоинформационных технологий позволяет наиболее достоверно и количественно определить происходящие в процессах естественной эволюции и антропогенной нагрузки изменения в компонентном составе почвенного покрова страны.

Литература

1. Цытрон Г.С., Матыченков Д.В., Северцов В.В. Методология создания цифровых тематических почвенных карт // Почвоведение и агрохимия. 2010. № 1 (44). С. 25–34.

2. Цытрон Г.С., Матыченков Д.В., Северцов В.В. Программно-информационный комплекс по оптимизации использования почвенных ресурсов республики Беларусь. // Съезд Докучаевского общества почвоведов. Петрозаводск, 13–17 августа 2012 г. С. 264–265.

3. Матыченков Д.В. Программно-информационный комплекс по оптимизации использования почвенных ресурсов отдельного землепользования / Д.В. Матыченков, Г.С. Цытрон, В.В. Северцов // Вести Национальной академии наук. Серия аграрных наук. 2015. № 4. С. 51–60.

ASSESSMENT OF CHANGES IN SOIL COVER BY LARGE-SCALE SOIL MAPS OF DIFFERENT SURVEY TOURS USING GYS-TECHNOLOGIES

D. Matychenkov, T. Azarenok, S. Shulgina, L. Shibut, O. Matychenkova, S. Dydyshko

Institute of Soil Science and Agrochemistry of NASB, Minsk, soil@tut.by

Summary. *The article describes a method for estimating soil cover changes in large-scale soil maps of different years. GIS analysis of digital soil maps is used. This method allows to accurately determine the quantitative and qualitative changes in the soil cover under the influence of various factors of soil formation.*
Keywords: *gis, soil maps, changes in soil cover, particle size distribution of soils, degree of soil moistening.*

УДК 631.416.8:504.53.054:539.261

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВИДООБРАЗОВАНИЯ Zn В ПОЧВАХ ПРИ ТЕХНОГЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ

Т.М. Минкина, Д.Г. Невидомская, Т.В. Бауэр, В.А. Шуваева, В.С. Цицуашвили

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, tminkina@mail.ru

Аннотация. *С использованием методов XANES- и EXAFS-спектроскопии изучено видообразование Zn в техногенных почвах (хемоземах) в районе природного отстойника озера Атаманское промзоны города Каменск-Шахтинского. Исследуемые почвы характеризуются превышениями кларка литосферы по Zn в сотни раз. Гипергенные изменения минерального состава хемоземов выявили различные типы окружения Zn. Диагностированы длины связей Zn-O, которые близки к связям в $ZnSO_4$ и смешанный вариант локального окружения со связями Zn-S и Zn-O.*
Ключевые слова: *загрязнение, хемоземы, Zn, рентгеноспектральные исследования.*

В настоящее время в биосферу поступает свыше 500 тыс. химических веществ. Большая их часть накапливается в почве. Среди загрязняющих веществ значительное место занимают тяжелые металлы (ТМ). Они отличаются высокой токсичностью, широким распространением и масштабностью поступления, высокой биодоступностью и устойчивостью в окружающей среде. Поступлению ТМ в наземные и аквальные экосистемы способствуют выбросы (газообразные, жидкие и твердые) крупных предприятий химической промышленности, оказывающие большое давление на окружающую среду. Химические превращения ТМ в почвах определяют формы их нахождения, способствуя мобилизации или иммобилизации металлов в фазовых компонентах депонирующих сред.

В настоящее время для определения состава соединений металлов широко используются экстракционные методы. Однако, действие экстрагентов не является селективным, и дает лишь косвенную информацию о связи металлов с разными почвенными компонентами.

В последние годы активно развиваются прямые методы определения форм ТМ и металлоидов в почвах. Методы рентгеноспектральной диагностики: XANES (ближняя тонкая структура рентгеновских спектров поглощения) и EXAFS (протяженная тонкая структура рентгеновского спектра поглощения) за последние 20 лет позволили идентифицировать формы многих металлов и металлоидов в загрязненных почвах и отложениях на молекулярном уровне [1–4].

Цель настоящей работы – изучение видообразования Zn в загрязненных техногенно-трансформированных почвах (хемоземах) района природного отстойника химического завода Юга России с применением рентгеновских синхротронных методов.

Объектами исследования являются техногенные почвы промышленной зоны – район природного отстойника химических производств озера Атаманское, окрестностей города Каменск-Шахтинский Ростовской области Юга России (рис. 1). Одним из наиболее приоритетных ТМ, содержащийся в выбросах предприятий химической промышленности является Zn [5, 6].

Отбор почвенных образцов для физико-химических анализов и их последующая камеральная обработка производились согласно ГОСТ 28168-89 [7]. Свойства хемоземов были определены согласно рекомендациям [8]. Минералогический состав почв определяли микроскопически согласно [9]. Техногенно-трансформированные почвы согласно классификации и диагностики почв России [10] относятся к Хемоземам. Валовое содержание Zn в почвах определяли рентген-флюоресцентным методом на спектроскане МАКС-GV.

Экспериментальные данные расширенной дальней тонкой структуры рентгеновского поглощения EXAFS и ближней тонкой структуры рентгеновских спектров вблизи краев поглощения XANES были получены на станции «Структурное материаловедение», расположенной на канале 1.3б Курчатовского центра синхротронного излучения НИЦ «Курчатовский институт». Источником синхротронного излучения на канале 1.3б служит поворотный маг-

нит с полем 1.7 Тл накопительного кольца «Сибирь-2». При генерации синхротронного излучения энергия электронного пучка составляет 2.5 ГэВ, средний ток 60–70 мА [11].

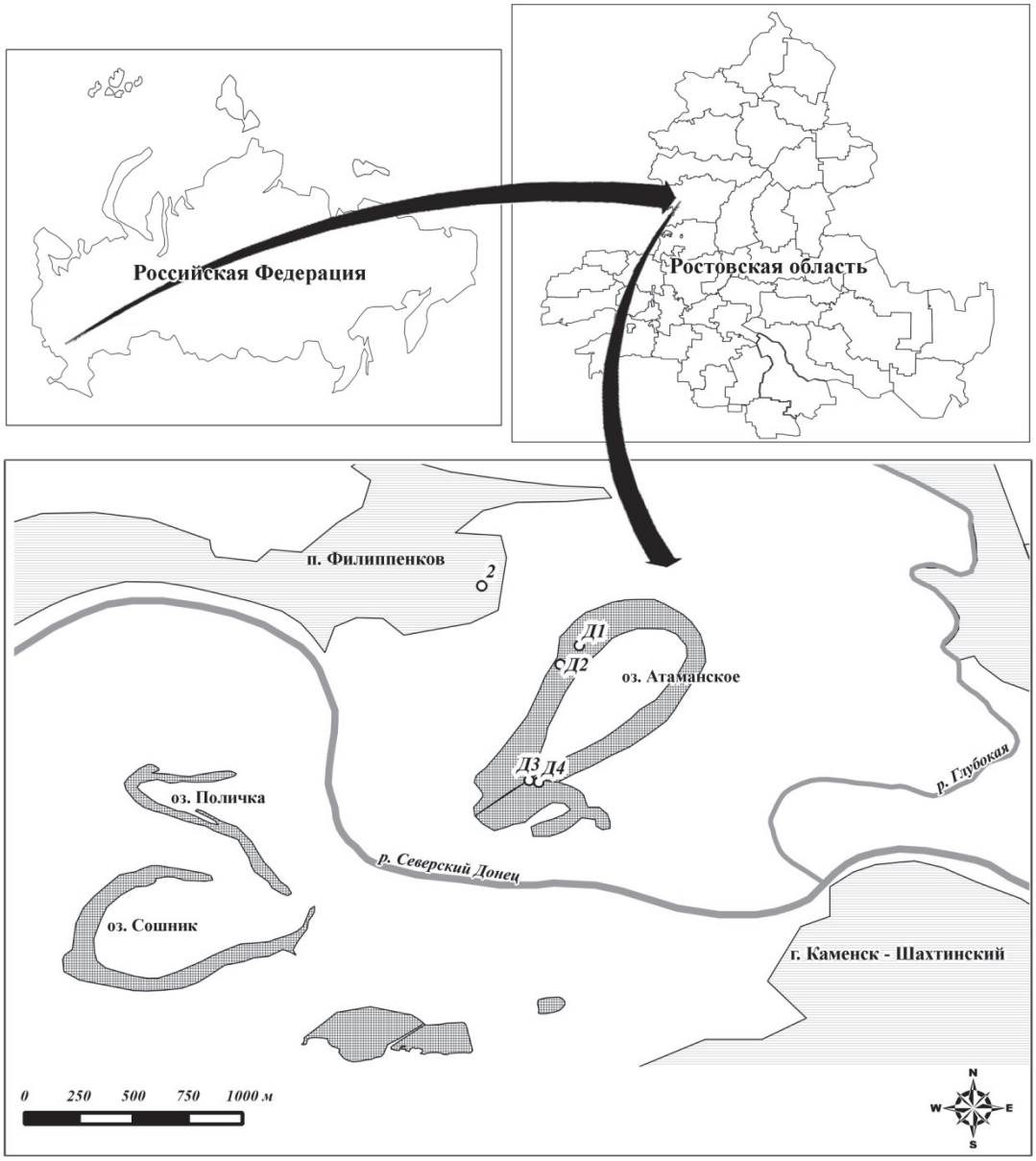


Рис. 1. Район природного отстойника промзоны г. Каменска-Шахтинский (г. Каменска-Шахтинский, Ростовская область, Юг России) Точками отмечены места заложения площадок мониторинга.

Вследствие техногенного почвообразования во всех исследуемых образцах выявлены превышения валового содержания Zn в сотни раз (13672–66075 мг/кг) относительно кларка литосферы (кларк Zn – 83 мг/кг). Комплекс физико-химических свойств хемоземов (содержание ила, органического вещества, pH) определяет буферные свойства полидисперсной системы хемоземов. Данные по содержанию органического вещества в хемоземах района озера Атаманского варьируют от 2.8±0.1 до 4.4±0.2, значения pH находятся в пределах от 7.3±0.1 до 7.7±0.2, реакция среды оценивается как слабо- и среднещелочная. В составе минеральной фазы хемоземов, преобладающими являются аутигенные минералы: сульфаты, пирит, карбонаты, что обусловлено составом поллютантов, загрязняющих длительное время пойменные ландшафты.

Чувствительность предкраевой области спектров поглощения XANES к геометрии связей может быть использована для качественной оценки молекулярно-структурного состояния

локального окружения Zn в почвенных образцах. XANES K-края Zn для нескольких эталонных соединений с известной структурой: Zn-S (ZnS) и Zn-O связями (ZnO и $ZnSO_4$) показывают значительную разницу в положении края поглощения, что позволяет различить типы окружения Zn в почвенных образцах. Спектры K-края Zn XANES (рис. 2а), для почвы площадки мониторинга Д1 демонстрирует сходство со спектрами стандартов, в которых Zn координирован кислородом (ZnO, $ZnSO_4$), где главный пик поглощения расположен на ~9670 eV. XANES спектр почвенного образца Д4 близок к ZnS, и его главный пик поглощения находится на ~9665 eV. Это согласуется с данными минералогического анализа, выявившего доминирующую долю аутигенных сульфатов, сформированных при долгосрочном техногенном загрязнении до 57 лет [5]. Также в почвенном образце площадки мониторинга Д4 диагностируются более высокоэнергетические особенности, указывая на возможность смешанных Zn-S и Zn-O связей в образце.

Сравнительный анализ аппроксимированных экспериментальных спектров хемоземов со стандартными спектрами минералов: $ZnSO_4$, сфалеритом (ZnS) и цинкитом (ZnO) позволил установить, что в цинките атомы Zn тетраэдрически координированы атомами кислорода (первая координационная сфера) со средней длиной волны 1.98 Å, кроме того, атомы Zn окружены 12 соседними атомами, Zn на усредненном расстоянии 3.23 Å [12]. В соединении $ZnSO_4$ Zn координирован четырьмя атомами кислорода и только с двумя атомами Zn. Расстояние Zn-Zn составляет 3.36 Å, и имеются две разных коротких связи Zn–O (1.95 и 2.04 Å). Спектр $ZnSO_4$, также как ZnO, содержит пик Zn-O, однако второй пик Zn-Zn практически отсутствует вследствие низкого координационного числа. Связь Zn-S, составляющая 2.34 Å в ZnS на 0.2-0.3 Å длиннее связи Zn-O в ZnO и $ZnSO_4$, и поэтому пик, соответствующий Zn-S наблюдается на FT XAFS на большем расстоянии (рис. 2б). Это указывает на существующие различные молекулярно-структурные связи Zn-S и Zn-O в почвенных образцах Д1 и Д4.

Достаточно высокое содержание органического вещества техногенных почв района озера Атаманского способствует взаимодействию ионов Zn с гуминовыми кислотами почвы, которые, координируясь с функциональными группами и лигандами, образуют тетраэдрические координации Zn [13]. Высокодисперсный состав в значительной степени изменяет поверхностные свойства минеральных компонентов твердой фазы и влияет на ее поглощающую способность, буферность, за счет образующихся минералоорганических соединений с Zn [14].

Также как и XANES, Фурье-трансформанты K-края Zn для двух образцов хемоземов района Атаманского демонстрируют явные различия (рис. 2б), подтверждая, что формы Zn в этих образцах различаются. Фурье трансформанта EXAFS для образца почвы Д1 имеет большее сходство с аналогичным спектром $ZnSO_4$ несмотря на то, что он содержит дополнительный интенсивный пик на меньших R. Отсутствие пика, соответствующего второй координационной сфере (Zn-Zn), указывает на то, что ZnO не является преобладающей компонентой образца. В почве площадки мониторинга Д4 основные пики на Фурье-трансформанте EXAFS соответствуют пикам сфалерита, что свидетельствует о преобладании у Zn связей Zn-S. Однако дополнительная особенность на меньших R указывает на присутствие связей Zn-O. Показано [13], что при загрязнении почвы цинкитом ZnO трансформируется и преимущественно входит в состав Zn-содержащих триоктаэдрических структур (до 64% в течение первого года).

Таким образом, в исследуемых техногенных почвах на примере района техногенной аномалии Юга России изучено видообразование Zn. Установлено, что во всех исследуемых образцах хемоземов отмечаются превышения в сотни раз кларка литосферы по Zn. Результаты анализа спектроскопии рентгеновского поглощения позволили выявить для высокозагрязненных природно-техногенных почв молекулярно-структурные изменения Zn, показывающие видообразование металла в природно-техногенной обстановке. Это актуально для оценки способности почв защищать экосистему от загрязняющих неорганических поллютантов. Выявлена высокая степень трансформационных изменений в составе минеральной фазы хемоземов, которая характеризуется доминирующей долей аутигенных минералов. Изучение молекулярно-структурной организации хемоземов Юга России диагностированы длины свя-

зей Zn-O, которые близки к связям в $ZnSO_4$ и смешанный вариант локального окружения со связями Zn-S и Zn-O.

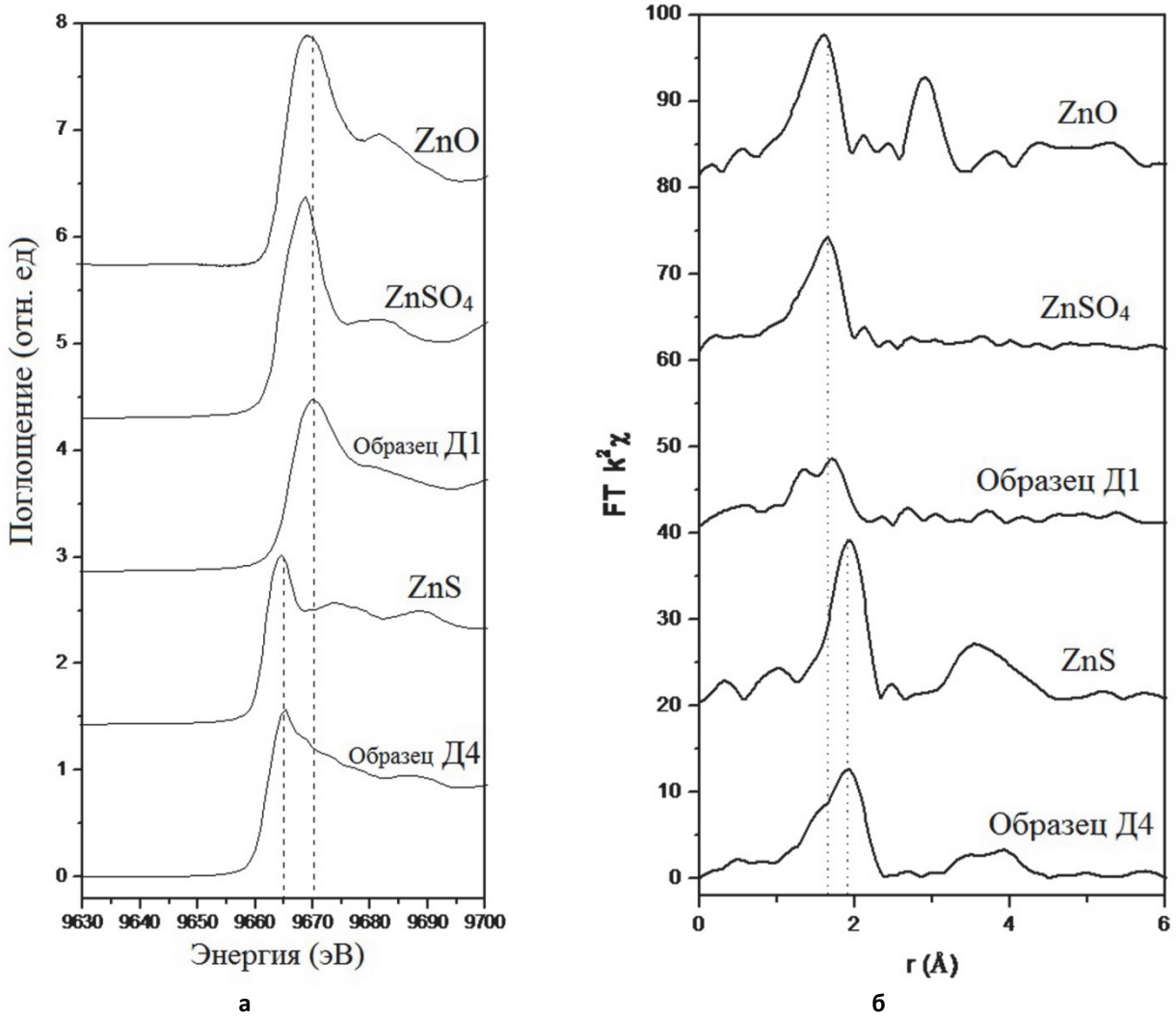


Рис. 2. Экспериментальные XANES спектры K-края Zn (а) и Фурье-трансформанты EXAFS спектров χ(k) с весовым коэффициентом k^2 (б) для цинксодержащих соединений и исследуемых образцов хемоземов

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 16-14-10217.

Литература

1. Jacquat O., Voegelin, A., Kretzschmar, R. Soil properties controlling Zn speciation and fractionation in contaminated soils // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2009. V. 73. P. 5256–527.

2. Manceau A., Marcus, M. A., Tamura, N. Quantitative speciation of heavy metals in soils and sediments by synchrotron X-ray techniques. In: Applications of synchrotron radiation in low-temperature geochemistry and environmental science. Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 2002. V. 49. P. 341–428.

3. Minkina T.M., Soldatov, A.V., Motuzova, G.V., Podkovyrina, Yu.S., Nevidomskaya, D.G. Speciation of copper and zinc compounds in artificially contaminated chernozem by X-ray absorption spectroscopy and extractive fractionation // Journal of Geochemical Exploration. 2014. V. 144. P. 306–311.

4. Минкина Т.М., Солдатов А.В., Невидомская Д.Г., Мотузова Г.В., Подковырина Ю.С., Манджиева С.С. Новые подходы в изучении соединений тяжелых металлов в почвах с применением рентгеноспектрального анализа и экстракционного фракционирования // Геохимия. 2016. № 2. С. 212–219.

5. Приваленко В.В., Мазуренко В.Т., Панасков В.И. и др. Экологические проблемы города Каменска-Шахтинского. Ростов-на-Дону, 2000. 152 с.

6. Minkina T.M., Linnik V.G., Nevidomskaya D.G., Bauer T.V., Mandzhieva S.S., Khoroshavin V. Forms of Cu (II), Zn (II), and Pb (II) compounds in technogenically transformed soils adjacent to the Karabashmed copper smelter // Journal of Soils and Sediments. 2018. V. 18. P. 2217–2228.

7. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. Введ. 1990-04-01 М.: Стандартинформ, 2012. 7 с.

8. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.

9. Методические рекомендации № 158 Научного совета по методам минералогических исследований (НСОММИ) Федерального научно-методического центра лабораторных исследований и сертификации минерального сырья (ВИМС). М., 2008 г.

10. Классификация и диагностика почв Росси / авт. и сост.: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

11. Chernyshov A.A., Veligzhanin, A.A., Zubavichus, Y.V. Structural materials science end-station at the Kurchatov Synchrotron radiation Source: recent instrumentation upgrades and experimental results // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A. 2009. V. 603. P. 95–98.

12. Albertsson J., Abrahams, S.C., Kvick, A. Atomic displacement, anharmonic thermal vibration, expansivity, and pyroelectric coefficient thermal dependences in ZnO // Acta Crystallographica. 1989. V. 45. P. 34–40.

13. Voegelin A., Pfister, S., Scheinost, A.C., Marcus, M.A., Kretzshmar, R. Changes in zinc speciation in field soil after contamination with zinc oxide // Environmental Science and Technology. 2005. V. 39 (17). P. 6616–6123.

14. Fedotov G.N., Pakhomov, E.I., Pozdnyakov, A.I., Kuklin, A.I., Islamov, A K., Putlyaev, V.I. Structure and properties of soil organic-mineral gel // European Journal of Soil Science. 2007. V. 40. P. 956–961.

USE OF X-RAY-SPECTRAL METHODS FOR DIAGNOSTICS OF Zn SPECIES IN SOILS UNDER ANTHROPOGENIC CONTAMINATION

T.M. Minkina, D.G. Nevidomskaya, T.V. Bauer, V.A. Shuvaeva, V.S. Tsitsuashvili

Southern Federal University, Rostov-on- Don, tminkina@mail.ru

Summary. *Study of Zn accumulation and transformation in highly contaminated technogenically transformed soils near the sediment pond of the chemical plant using direct nondestructive physical methods. Two types of local surroundings are determined for Zn corresponding to its coordination by O and by S (close to ZnS). The lengths of Zn–O bonds close to the bounds in ZnSO4 are identified in the samples, as well as a mixed local surrounding with Zn–S and Zn–O bonds.*

Keywords: *contamination, Spolic Technosols, Zn, X-ray spectroscopy.*

УДК 631.42

ОЦЕНКА СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ОСНОВЕ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В ТЕПЛОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Т.В. Пономарева

Институт леса им. В.Н. Сукачева, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, bashkova_t@mail.ru

Аннотация. *В статье приводятся результаты использования бесконтактного инструментального метода наземной съемки в тепловом диапазоне для изучения формирования антропогенно-нарушенных почв на отвалах угольного разреза, в импактной зоне Красноярского алюминиевого завода, на просеках под ЛЭП, на постагрогенных участках. Оценка структурной организации почв выполнена по классифицированным изображениям почвенных профилей, полученным с помощью съемки тепловизором. Установлено, что применение данного метода позволяет оперативно фиксировать особенности строения почв на уровне горизонтов и субгоризонтов, что актуально для исследования процессов почвообразования в техногенных экосистемах.*
Ключевые слова: *почвенный профиль, методы исследования почв, тепловой диапазон, техногенные экосистемы.*

В настоящее время с ростом численности населения увеличивается доля антропогенно-нарушенных экосистем, возникает необходимость разработки методов изучения формирующихся в современных условиях почв [3]. Особенности почвообразования на антропогенно-нарушенных территориях накладывают отпечаток на строение и свойства почв, в результате они приобретают уникальные морфологические и физико-химические характеристики, что очень осложняет процесс их классификации и сравнительного анализа с контрольными фоновыми участками [1, 8]. Антропогенные почвы в большинстве случаев подвержены уплотнению, загрязнению токсичными химическими элементами и органическими веществами. Многие экологические функции этих почв становятся трудноосуществимыми.

Необходимость развития методов количественной оценки структурной организации почв имеет большое значение для почвоведения, гидрологии, биологии, для общего понимания физических и химических процессов в почве [3, 5, 9].

Наиболее распространенным способом определения структурной организации почв является морфологическое описание почвенного профиля, которое является основным методологическим приёмом исследования почв [7]. Недостатком существующего метода является то, что определяемые характеристики являются оценками качественного характера и основаны на экспертном субъективном подходе. Подробное описание большого количества признаков, построение чертежей почвенного разреза делает этот метод трудоемким, затратным по времени исполнения и требовательным к уровню подготовки экспертов.

В настоящее время все более широко используются в изучении и оценке природной среды дистанционные (бесконтактные) методы получения информации о поверхности земли и объектах, на ней расположенных с использованием систем регистрации определенного диапазона радиоизлучений (телевизионные съемки, оптико-механическое многозональное сканирование, спектрофотометрирование, тепловая, микроволновая радиолокационная радарная, лазерная съемки). К достоинствам современных инструментальных методов следует отнести высокую чувствительность и скорость выполнения анализа, возможность одновременного определения нескольких показателей, возможность работы в автоматическом режиме без присутствия оператора [9].

Изучение почвенного покрова с использованием спутниковой аппаратуры в основном основано на измерениях в микро- и среднечастотном диапазоне спектра. В то же время имеется большое количество архивной и актуальной спутниковой информации, которая принимается в инфракрасной области спектра, например, со спутников серии NOAA/AVHRR, TERRA/Modis. Многие различия в свойствах поверхности земли и объектов, на ней распо-

ложенных, легче обнаружить в ИК-части спектра, которая может быть изучена при помощи приборов, установленных на космических спутниках, либо используемых при наземных исследованиях.

Наземная радиометрическая съемка почв дает дополнительную корректирующую информацию, особенно для лесных экосистем. Анализ распределения радиояркостной температуры, фиксируемой методом инструментальной съемки в инфракрасном диапазоне является одним из инновационных способов исследования структурной организации почв на уровне горизонтов и субгоризонтальных структур. Обработка получаемого в результате тепловизионного обследования двумерного массива измерений температуры позволяет программными средствами визуализировать схематическое строение почвенного профиля [4, 5]. Распределение радиояркостной температуры вдоль профиля зависит от физических свойств почвы (гранулометрического состава, влажности, сложения, структурой, теплопроводности, удельной теплоемкости). По полученным данным температуры рассчитаны градиенты, резкие изменения которых обусловлены различиями теплофизических свойств почвенных горизонтов и оказывают существенное влияние на их отображение на тепловых инфракрасных снимках, благодаря чему возможно распознавание и определение структурной организации почв. Зафиксировано, что точки перегиба на графиках градиента температуры ($\Delta T(h)/\Delta h$) вдоль почвенного профиля соответствуют границам горизонтов [6].

В качестве объектов исследования были выбраны почвы на антропогенно-нарушенных территориях (отвалы угольного разреза, импактная зона Красноярского алюминиевого завода, просека под ЛЭП, постагрогенные участки).

На примыкающих с северо-восточной стороны к территории Красноярского алюминиевого завода на полосе шириной до 500 м вдоль забора предприятия при строительстве верхняя плодородная часть почв была срезана и дальнейшее почвообразование проходит на минерализованном субстрате. На этом участке сформировались абраземы глинисто-иллювиальные (BI–C), далее интенсивное развитие подземной части травянистых растений приводит к образованию дернового горизонта мощностью от 5 см до 8 см, и почвы переходят в подтип реградированных абраземов. По содержанию ряда элементов данные почвы относятся к химически преобразованным (AYx(8 см)–BI–C). Верхние 3–4 см дернового горизонта содержат большое количество мелких углей и золы, поэтому почва имеет палевый оттенок. На изображениях, полученных после обработки данных радиометрической съемки, четко выделяется дерновый горизонт 7-8 см, нижележащая толща не дифференцирована.

На рекультивированных участках, где ранее располагался поселок «Индустриальный» (на удалении 1.5 км от КрАЗа), почвы в пределах одной пробной площади имеют профили различные по окраске, мощности, литологии и всегда включают в разном количестве фрагменты почвенных горизонтов, строительный и бытовой мусор, промышленные отходы. Все разности почв можно отнести к урбиквазиземам. Анализ радиометрических изображений показал, что почвенные профили не имеют классической системы горизонтов, а представляют хаотически устроенную систему. На радиометрическом изображении выделяется маломощный горизонт подстилки до 2 см, в нижележащем 40 см слое тепловые поля почвенного профиля имеют форму крупных изотермических контуров неправильной формы, ориентированных не горизонтально, что отличается от профилей ненарушенных почв.

На территории, используемой в сельско-хозяйственном назначении в пределах импактной зоны алюминиевого завода на расстоянии 3 км, почвы относятся к агрочерноземам глинисто-иллювиальным (PU(25 см)–AU–BI–C). По морфологическим признакам данные почвы имеют типичное строение для агроценозов, антропогенных включений не обнаружено. Результаты радиометрической съемки показали слабую дифференциацию профиля в слое до 40 см. Выделяется только верхний слой мощностью 2–3 см, насыщенный корнями травянистых растений.

Исследование отвалов вскрышных пород Бородинского угольного разреза показал, что на спланированных отвалах, рекультивированных без нанесения плодородного слоя почвы, формируются техногенные поверхностные образования подгруппы литостраты, группы на-

турфабрикаты [4]. Структурная организация литостратов на отвале 10-летнего возраста обусловлена в основном технологией отсыпки отвала. Растительный комплекс, представленный рядовыми посадками культуры сосны обыкновенной (Pinus sylvestris L.) и травянистой растительностью (кипрей узколистный, вейник наземный, полынь обыкновенная, бодяк щетинистый, донник лекарственный) трансформирует верхний слой мощностью до 15 см за счет деятельности корней и аккумуляции органического вещества на поверхности почвы. Формирование органогенного горизонта фиксируется на радиометрическом изображении как сплошные узкие изотермические поля, горизонтально ориентированные.

На поверхности отвалов с нанесением плодородного слоя почвы (ПСП) развиваются травянистые сообщества, формируются техногенные поверхностные образования подгруппы реплантозёмы, группы квазизёмы. На молодых рекультивированных отвалах с ПСП 6-10-летнего возраста почвенный профиль дифференцирован слабо. Для оценки структурной организации почвенных профилей на отвалах с ПСП был выбран отвал 1982 года отсыпки и 6 наиболее распространенных растительных микрогруппировок: вейниковая (Calamagrostis epigeios), кипрейная (Chamerion angustifolium), васильковая (Centaurea scabiosa), мятликовая (Poa pratensis), ковыльная (Stipa pennata), горошковая (Vicia amoena). В процессе почвообразования происходит формирование дернового горизонта мощностью 5-10 см с изменением структурной организации в данном слое. Выявлены различия морфологических свойств почв, формирующихся под разными растительными ассоциациями, что обусловлено разным количеством поступающей фитомассы и особенностями корневой системы доминирующих на исследованных участках растений.

Анализ строения почвенных профилей на просеках под ЛЭП показал изменение структурной организации на уровне горизонтов почвы [2]. В результате прохождения тяжелой техники и других механических воздействий при строительстве ЛЭП исходные верхние горизонты почв (подстилка и органо-аккумулятивные) нарушены или отсутствуют. В течение 45-летней истории функционирования исследуемых просек на них сформировались новые органогенные и органо-аккумулятивные горизонты в обследованных осинниках на остаточном минеральном горизонте BEL, а в сосняках – на горизонте BT. Смена растительности привела к усилению дернового процесса и ослаблению накопления слаборазложившейся органики на поверхности почвы.

Результаты радиометрической съемки почв естественных и антропогенно преобразованных экосистем позволили выявить структурную организацию почв и дать количественную характеристику процессам почвообразования на отвалах, в импактной зоне алюминиевого завода, на просеках под ЛЭП.

Таким образом, методы визуализации почвенного профиля с численным анализом данных позволяют провести точное объективное исследование характеристик почвы, включая границы горизонтов и отдельные области различий в почве. Для бесконтактного инструментального анализа характеристик почв и структурной организации профиля перспективно привлечение наземной съемки в тепловом диапазоне. Их практическое применение требует создания калибровочного банка данных наземных обследований широкого спектра типов почв в разных состояниях, который по итогам проведенных исследований формируется для основных типов средней, южной тайги и лесостепи.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-04-00589а).

Литература

1. Андроханов В.А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск, 2010. 224 с.

2. Богородская А.В., Пономарева Т.В., Ефимов Д.Ю., Шишикин А.С. Трансформация эколого-функциональных параметров почв микробоценозов на просеках линий электропередач в условиях Средней Сибири // Почвоведение. 2017. № 6. С. 1–-13.

3. Герасимова М.Н. Строганова М.Н., Можарова Н.В. Антропогенные почвы: Генезис, география, рекультивация / под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.

4. Пономарева Т.В., Пономарев Е.И. Технология выделения горизонтов почвенного профиля по данным съемки в инфракрасном диапазоне // Хвойные бореальной зоны. 2013. № 5–6. С. 29–35.

5. Пономарева Т.В., Пономарев Е.И. Радиометрическая съемка почвенного профиля в инфракрасном диапазоне // Почвоведение. 2016. № 2. С. 219–226.

6. Пономарева Т.В., Пономарев Е.И. Шишикин А.С. Температурные градиенты генетических горизонтов почв в естественных и постагрогенных лесных экосистемах // Бореальные леса: состояние, динамика, экосистемные услуги. Тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 60-летию Института леса Карельского научного центра РАН. 2017. Изд.: Карельский научный центр РАН (Петрозаводск). С. 224–226.

7. Розанов Б.Г. Морфология почв. М., 2004. 432 с.

8. Чупрова В.В., Шугалей Л.С. Особенности макроморфогенеза почв на отвалах угольных разрезов Назаровской котловины // Вестн. КрасГАУ. 2007. №1. С. 61–70.

9. Hartemink AE, Minasny B. Towards digital soil morphometrics. Geoderma. 2014; 230-231:305-17. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.03.008

ESTIMATION OF THE STRUCTURAL ORGANIZATION OF SOILS OF TECHNOGENIC LANDSCAPES BASED ON RADIOMETRIC SURVEY IN THE THERMAL RANGE

T.V. Ponomareva

Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Solitary Unit V.N. Sukachev Institute of Forest, bashkova_t@mail.ru

Summary. *The article presents the results of using a contactless instrumental ground survey method in the thermal range to study the formation of anthropogenic soils on dumps of the coal mine, in the impact zone of the Krasnoyarsk Aluminum Smelter, in the land under power lines, in the abandoned arable areas. The estimation of the structural organization of soils is based on classified images of soil profiles obtained by imaging with a thermal imager. It is established that the application of this method allows us to quickly record the features of the soil structure at the level of horizons and subhorizons, which is important for studying the processes of soil formation in anthropogenic ecosystems.*

Keywords: *soil profile, soil investigation methods, thermal range, technogenic ecosystems.*

УДК 631.47

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ КУДИНСКОЙ ДЕПРЕССИИ (ПРЕДБАЙКАЛЬЕ)

Е.А. Самойлова[1], О.Г. Лопатовская[2]

[1] Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, kattirka@mail.ru
[2] Иркутский государственный университет, Иркутск, lopatovs@gmail.com

Аннотация. *На основе использования ГИС-технологий создана электронная карта засоленных почв Кудинской депрессии (Предбайкалье), составлена база данных к почвенным контурам и почвенным разрезам. Выявленные комплексы почвенных признаков позволяют диагностировать параметры, необходимые при описании засоленных почв; рассмотреть эколого-геохимические факторы формирования почв; уточнить ареалы распространения засоленных почв.*
Ключевые слова: *геоинформационное картографирование, засоленные почвы, Кудинская депрессия, Предбайкалье.*

Кудинская депрессия относится к наиболее густонаселенной и освоенной части Иркутской области с развитым сельским хозяйством. Для этой территории была создана серия карт: почвенная, эродированных земель и агрогруппировок. Однако большинство этих карт не сохранилось и утеряна возможность проведения мониторинга земель.

В настоящее время для учета сельскохозяйственных земель целесообразно создавать почвенные карты с использованием геоинформационных систем (ГИС). Наиболее распространенными являются такие ГИС-программы как: MapInfoProfessional, ГИС 2011, ArcGIS, поскольку они позволяют получать, обрабатывать, хранить, анализировать пространственные данные и проводить мониторинг [1].

Поскольку на землях сельскохозяйственного назначения встречаются засоленные почвы, которые ранее не были детально описаны, мы считаем необходимым и актуальным их изучение с использованием современных технологий. Это позволяет составить карту засоленных почв, подсчитать их площади и создать базу данных.

За объект исследования были приняты засоленные почвы. В качестве основных методов использовались: аналитический, ландшафтно-геохимический и картографический, которые позволили всесторонне изучить структуру почвенного покрова и свойства почв.

Исследуемая территория находится в пределах Приангарской возвышенности. Рельеф в основном плоско-увалистый. В геологическом строении принимают участие древние осадочные породы кембрийского и юрского возраста. Гидрографическая сеть представлена реками Куяда, Мурин, Куда и Солянка [2]. Грунтовые воды (в основном из пластов кембрийских и юрских отложений) гидрокарбонатно-кальциево-магниевого, сульфатно-карбонатного, хлоридного состава с минерализацией от 0,2 до 2,7 г/л.

По агроклиматическому районированию Иркутской области территория относится к сравнительно теплому, среднеувлажненному с продолжительным безморозным периодом району с резкоконтинентальным климатом [3].

По агропочвенному районированию Иркутской области территория входит в Среднесибирскую лесостепную зону с распространением серых лесных, дерново-карбонатных, черноземов, луговых, лугово-черноземных, аллювиальных, лугово-болотных, болотных и засоленных почв. Частично развитый микрорельеф создает незначительную комплексность [4, 5].

Развитие почв долины р. Куда проходило по схеме: Гидроморфные болотные, перегнойно-глеевые и их карбонатные солончаковые роды → Полугидроморфные черноземно-луговые и их солончаковые роды → Полуавтоморфные черноземно-луговые и их глубокосолончаковые роды → Автоморфные южные высоковскипающие черноземы [6].

Черноземы располагаются участками в комплексе с лесными и лугово-черноземными почвами на пологих южных склонах коренных берегов, надпойменных террасах под покровом степной растительности, на древних наносах и делювии, переотложенных в четвертичный период (лессовидные суглинки и глины, обогащенные карбонатами кальция).

Лугово-черноземные и лугово-черноземные солонцеватые почвы распространены участками в пониженных элементах рельефа, нижних частях склонов увалов, долинах рек, ручьев, днищах падей, западинах древних террас на делювиальных и аллювиально-делювиальных отложениях, средне- или тяжелосуглинистого состава [7, 8].

Луговые почвы формируются в местах повышенного увлажнения на аллювиальных отложениях и продуктах выветривания верхнекембрийских карбонатных пород. Луговые солончаковатые оглеенные почвы распространены в поймах и на нижних надпойменных террасах. Легкорастворимые соли представлены сульфатами, хлоридами и бикарбонатами (рис. 1).

Лугово-болотные (солончаковатые) почвы встречаются локально по всему исследуемому массиву в понижениях средней части долины р. Куда. Почвообразующие породы – элювиально-делювиальные, аллювиальные и озерные отложения четвертичного возраста. Уровень грунтовых вод на глубине 1,0–2,0 м. Тип засоления почв – сульфатный, хлоридно-сульфатный, сульфатно-хлоридный, сульфатно-гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-сульфатный. По катионному составу тип засоления – кальциево-натриевый, натриево-кальциевый, магниево-кальциевый, кальциево-магниевый.

Болотные почвы формируются по долинам крупных и мелких притоков р. Куда, по днищам падей в местах постоянного избыточного увлажнения преимущественно жесткими грунтовыми водами. Заболачивание в основном поверхностное, связанное с застоем атмосферных и ключевых вод. Грунтовые воды залегают ниже нормы осушения и отделены от поверхности почвы с ранней весны до поздней осени. Почвообразующие породы – аллювиальные, аллювиально-пролювиальные и редко делювиальные осадки супесчаного, суглинистого и глинистого состава. Уровень грунтовых вод 1–5 м, минерализация 1–3 г/л, химический состав воды гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный.

В солевом составе солончаковатых почв содержатся хлориды, сульфаты, а также бикарбонаты натрия и сода. По данным Н.И. Карнаухова [6] сода в болотно-солончаковатых почвах имеет биогенное происхождение, связанное с жизнедеятельностью сульфатредуцирующих бактерий. Такие бактерии, являясь анаэробами, используют органику в качестве энергетического материала, разрушают сульфаты натрия до сульфидов. Последние, реагируя с водой и углекислотой, переходят в карбонаты и бикарбонаты натрия. Мелиорация данных почв нецелесообразна из-за возможного вторичного засоления.

Аллювиальные почвы формируются на слоистых аллювиальных отложениях преимущественно тяжелого грансостава. Гидрокарбонатные грунтовые воды, минерализацией до 1 г/л, залегают на глубине 1–5 м. На поверхности аллювиальных солончаковатых почв отмечаются выцветы солей.

Солончаки встречаются в комплексе с луговыми солончаковатыми почвами. Развитию процесса соленакопления способствуют: соленосность кембрийских пород, выходы минерализованных грунтовых вод, испарительная концентрация солей (рис. 2).

Распределение солей в почвенном профиле зависит от сноса солей с вышележащих склонов, сроков и цикличности паводков р. Куда, засушливого периода. Наиболее подвижные и растворимые соли натрия и кальция аккумулируются на поверхности и в средней части почвенного профиля. Засоление солончаков хлоридно-сульфатное или сульфатно-хлоридное. Территории с солончаками после мелиорации целесообразно использовать под сенокосы.

Солонцы встречаются на древних террасах и в сухих падях, в комплексе с солонцеватыми черноземами и лугово-черноземными почвами. Степные солонцы по окраске и мощности гумусового горизонта сходны с солонцеватыми черноземами, но отличаются от последних наличием отчетливо выраженного уплотненного столбчатого солонцового горизонта. Луговые солонцы имеют хорошо выраженный темно-серый гумусовый горизонт с содержанием гумуса до 14 %. Верхняя часть этого горизонта обладает признаками осолодения, выражающимися в белесой окраске и пластинчатой структуре. Нижняя часть профиля луговых солонцов более или менее оглеенная.

Солоди встречаются довольно редко на плоских водораздельных поверхностях и на древних террасах. Почвы формируются на делювиальных или аллювиальных отложениях раз-

личного гранулометрического состава под изреженными травянистыми светлохвойными или мелколиственными лесами.

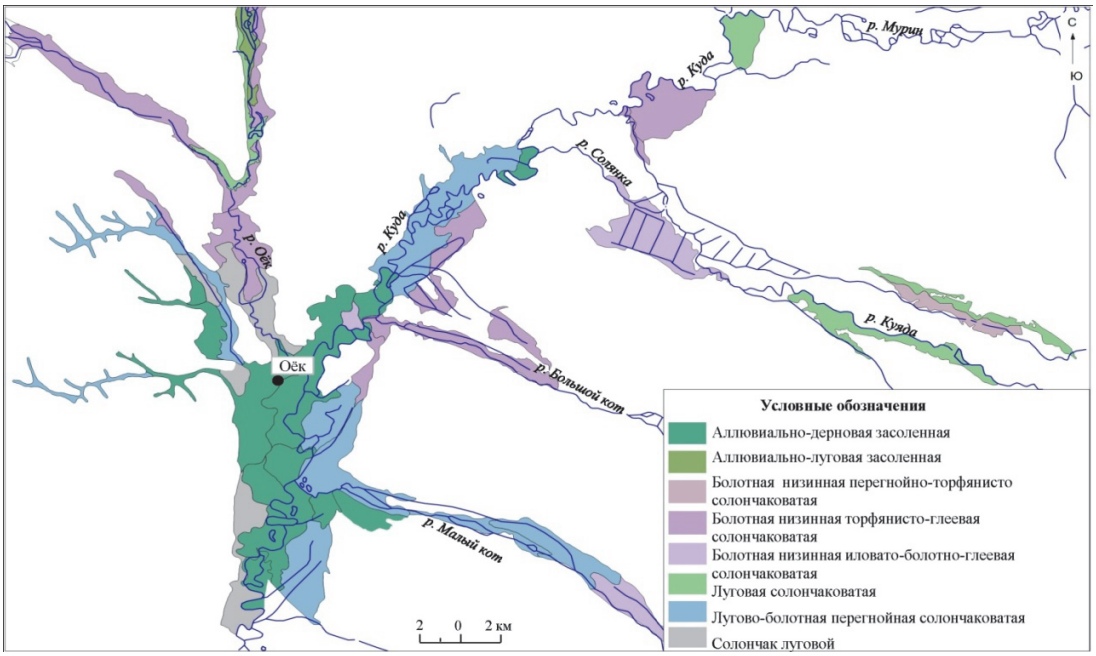


Рис. 1. Карта-схема засоленных почв Кудинской депрессии

Распределение площадей засоленных почв Кудинской депрессии представлены на диаграмме, из которой следует, что наибольше площади занимают такие почвы как: Аллювиально-дерновая засоленная, Болотная низинная торфянисто-глеевая солончаковатая и Лугово-болотная перегнойная солончаковатая (рис. 2).

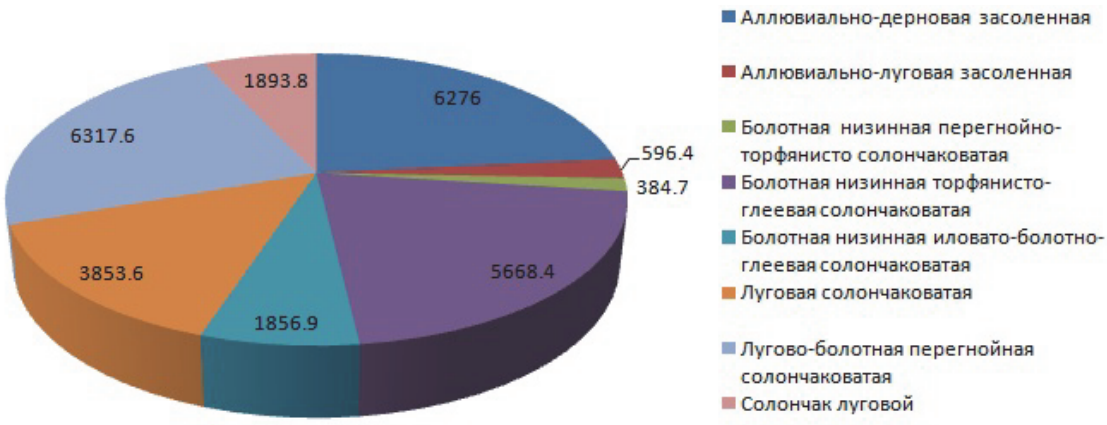


Рис. 2. Площади засоленных почв Кудинской депрессии, га

Процесс создания карт с использованием ГИС-технологий проще, чем традиционные методы ручного или автоматического картографирования [1]. Программа MapInfoProfessional позволила выполнить задачи по трансформации векторной карты, более детально располагать слои при работе с картами, а интерфейс управления цифровыми картами позволил запрашивать и изменять описание отдельных объектов или совокупности, по заданному критерию, отображать карты с изменением масштаба.

В настоящее время накопилось большое количество опубликованного материала, находящегося в виде описаний разрезов. Несмотря на то, что почвенные разрезы не имеют точной географической привязки, а характеристики почв отличаются разной полнотой описания свойств, их использование помогло отразить неоднородность структуры почвенного покрова. Неотъемлемая часть геоинформационных систем – база данных (БД). БД позволила связать атрибутивные данные о почвах с их пространственным распределением.

Работа по созданию БД проходила в несколько этапов: 1. Сбор, анализ, сортировка данных о засоленных почвах. Для наполнения БД нами были обработаны и систематизированы сведения о почвенных разрезах из опубликованных источников (монографии, отчеты ВостСибГИПроЗем, дипломные работы, архивы) и почвенных обследований; 2. Формирование структуры таблицы в программе Excel, в которой указываются свойства почв. БД засоленных почв включает три блока: название почвы (тип, вид, род, номер разреза, характер почвообразующих пород), пространственная привязка, химические и физические свойства почв; 3. Поиск координат для привязки разрезов засоленных почв. На основе описания местоположения почвенного разреза в серверах Google Maps вычислялись координаты пространственного расположения разреза.

Кудинская депрессия – это перспективный район для ведения сельского хозяйства. Поскольку здесь встречаются засоленные почвы, то целесообразно создание различных тематических электронных карт, которые имеют преимущества: изменение визуализированной и атрибутивной информации; быстрый доступ к данным о физических и химических свойствах засоленных почв; возможность проведения мониторинга за состоянием засоленных почв в пространстве и во времени.

Цифровая карта засоленных почв и обширная БД, созданные на основе ГИС-технологий, дают возможность проведения структурного анализа для решения различных прикладных физико-географических и экологических задач.

Результаты исследований являются основой для почвенных, географических, ландшафтных, экологических и картографических исследований.

Литература

1. Лопатовская О.Г., Самойлова Е.А ГИС в картографии почв. Использование MapInfoProfessional в почвенном картировании. Иркутск: Издательство ИГУ, 2015. Электронный ресурс.

2. Беркин Н.С., Филиппова С.А., Бояркин В.М., Наумова А.М., Руденко Г.В. Иркутская область (природные условия административных районов). Иркутск: Изд-во ИГУ, 1993. С. 218–229.

3. Угланов М.Н., Бояркин В.М., Иванов И.Н., Филиппова С.А. Природно-мелиоративные условия лесостепных районов Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во Иркут. госуд. ун-та, 1990. 160 с.

4. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Наука, 1977. 224 с.

5. Молостова А. В. Иркутская область. Почвенная карта Иркутской области.: Почвенно-географическое районирование / сост. Институтом географии СО РАН: 1:1 500 000 / ред. А. В. Молостова; науч. ред. Т. В. Колесниченко. М.: ГУГК, 1988. 2 л.

6. Карнаухов Н.И. Краткая мелиоративная характеристика почв долины реки Куда в пределах Эхирит – Булагатского района Иркутской области // Краткие сообщения о научно-исследовательских работах за 1960 год (Приложение к отчету о научно-исследовательской работе за 1960 год). Иркутск, 1962. С. 160–164.

7. Лопатовская О.Г. Педогалогеохимические и эколого-мелиоративные особенности почв в долине реки Куды / Вестник Иркутского государственного технического университета. 2006. Вып. 1 (25), № 1. С. 120–126.

8. Лопатовская О.Г. Эколого-мелиоративная характеристика почв Кудинской депрессии // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. 2006. № 2 (48). С. 67–71.

GEOINFORMATION MAPPING IN RESEARCH OF SALINE SOILS OF KUDRINSKAYA DEPRESSION (BAIKAL REGION)

E.A. Samoilova[1], O.G. Lopatovskaya[2]

[1] V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Kattirka@mail.ru
[2] Irkutsk State University, Irkutsk, lopatovs@gmail.com

Summary. *A map of saline soils of the Kudinskaya depression (Baikal region) was created using GIS technologies. A database was prepared for soil sections. Complexes of soil features are revealed which allow to diagnose parameters necessary for describing saline soils; to consider the ecological and geochemical factors of soil formation; Specify the areas of distribution of saline soils.*

Keywords: *geoinformation mapping, saline soils, Kudinskaya depression, Baikal region.*

УДК 614.7

ПРИОРИТЕТНЫЕ ВИДЫ ТЕСТ-РАСТЕНИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПО ИЗУЧЕНИЮ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ И РАЗЛИЧНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ

А.В. Сбитнев, М.А. Водянова, Л.В. Ахальцева

Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, asb21@yandex.ru

Аннотация. *Определенные виды высших растений являются чувствительными тест-системами для оценки мутагенных свойств различных токсикантов. Использование индикаторных возможностей лука (Allium cepa), традесканции (Tradescantia) и сои (Glycine max) позволяет проводить комплексную оценку токсических свойств почв и различных химических соединений, представляющих опасность для здоровья человека. Биотесты на растениях могут эффективно использоваться в целях гигиенической оценки современных видов противогололедных материалов.*
Ключевые слова: *растительная тест-объекты, генотоксичность, мутагенное действие, корневые меристемы, митотическая активность, биологическая активность, хромосомные аберрации, противогололедный материал, фитотоксичность.*

Одним из наиболее опасных проявлений биологической активности химических соединений по отношению к живым организмам является генотоксичность. Некоторые виды организмов относят к чувствительным тест-системам, которые рекомендуются для использования в краткосрочных тестах для выявления мутагенного и канцерогенного действия различных химических соединений [1]. Однако следует обратить внимание на некоторые ограничения, которые зависят от выбора конкретного тест-объекта в генотоксических исследованиях. Например, бактерии, как прокариоты, позволяют выявить лишь определенные категории генетических нарушений и в большей степени чувствительны к первичным повреждениям ДНК. В то же время высшие растения дают возможность исследовать более широкий спектр генетических нарушений, включая генные, хромосомные и геномные мутации [2], что, наряду с экономичностью, является значимым преимуществом используемой тест-системы. Морфологическое сходство хромосом растений и млекопитающих может обуславливать их схожую чувствительность к мутагенному действию. Подобные эффекты подтверждались в экспериментальных исследованиях при изучении влияния модельных мутагенов на растительные культуры [3].

Среди широкого спектра индикаторных растений целесообразно рассмотреть культуры, широко используемые в краткосрочных тестах на генотоксичность. Например, такие виды растений, как лук репчатый (*Allium cepa*), соя культурная (*Glycine max. (L) Merrill*) и клон традесканции (*Tradescantia clon 02*) рекомендуются экспертами международной комиссии по канцерогенной и мутагенной защите окружающей среды в качестве тест-систем, способных выявлять достаточно широкий спектр генетических нарушений [1]. Далее следует рассмотреть преимущества использования рассматриваемых культур в генотоксических исследованиях.

Модельным тест-растением в цитогенетике является сорт лука репчатого (*Allium cepa*) «Штутгартен ризен». Образовательные клетки на кончиках корней лука (корневые меристемы) содержат небольшое количество крупных хромосом, которые хорошо прокрашиваются и являются очень удобным объектом для микроскопического анализа [4]. В корневых меристемах удобно исследовать различные типы структурных нарушений в хромосомах, индуцируемые различными веществами-мутагенами [5, 6]. Высокая скорость деления клеток в корневой меристеме *Allium cepa* обеспечивает быструю ответную реакцию на негативное экзогенное действие, которая проявляется в виде сдерживания роста корней. Данный показатель характеризует фитотоксическое действие и может оцениваться визуально, как по значению средней длины, так и по количеству проклюнувшихся корешков у луковиц. В качестве дополнительного показателя может учитываться активность роста листовых перьев [5]. Также

возможна оценка активности клеточного деления в виде показателя митотической активности, на основе которой может устанавливаться поврежденная стадия митоза [7]. Данный показатель может иметь важное практическое значение для обоснования токсического действия поллютантов, способных загрязнять почву. Важно отметить, что первые исследования на *Allium cepa* «Штутгартен ризен» свидетельствовали о хорошей корреляции между показателями роста корней с эффектами, наблюдаемыми на клеточном уровне [8].

Один из практических преимуществ метода–экспрессивность тестирования, которая достигается вследствие быстрого роста корней, что обеспечивает возможность проведения микроскопического анализа корневых меристем примерно через 48-72 часов после начала эксперимента [5, 6]. Луковицы проращивают в жидких средах, которые могут быть представлены как в виде отдельных растворов химических веществ, так и в виде водных вытяжек из твердых субстратов, содержащих различные виды загрязняющих веществ [5, 6, 9]. Согласно данным, тест-система *Allium cepa* пригодна для анализа жидких сред, имеющих широкий диапазон значений pH (3,5–11,0) [5]. Важно отметить, что тест-система *Allium cepa* адаптирована для оценки генотоксичности почвы. В частности, в экспериментальных исследованиях [7] показана возможность прямой посадки луковиц в тестируемую почву, что позволяет непосредственно исследовать мутагенные и токсические свойства тестируемой пробы в условиях прямого контакта тест-системы с твердым субстратом.

Среди значимых модификаций метода – использование семян лука *Alllium cepa* вместо луковиц [1]. Такой подход существенно упрощает процедуру тестирования по сравнению с традиционным способом проращивания луковиц. Экспериментальные исследования свидетельствуют об эффективности использования семян лука в исследованиях по оценке мутагенного и токсического действия различных химических соединений и компонентов окружающей среды, содержащих загрязняющие вещества [9, 10]. Необходимо отметить, что расширение спектра анализируемых веществ в данной области исследований подтверждает актуальность использования биотеста на *Allium cepa* в качестве модельной тест-системы для выявления не только мутагенных, но и других биологических эффектов в целях более глубокого изучения генотоксичности современных видов токсикантов: лекарственные препараты, биологически активные вещества, соли тяжелых металлов, нефтесодержащие вещества, соединения, обладающие радиоактивными свойствами, а также химические препараты, активно используемые в сельском хозяйстве [7, 9, 11–15].

Традесканция (*Tradescantia-clon 02*) является широко используемым тест-объектом по выявлению генотоксичности почвы. Главной отличительной особенностью растения является использование в качестве индикатора мутагенной активности тычиночных нитей (Трад-ВТН-тест), которые несут рецессивный ген розовой окраски и в присутствии мутагена меняют голубую окраску тычиночных нитей на розовый цвет. Отмечается, что клетки тычиночных нитей имеют схожую чувствительность с показателями, полученными в экспериментах на клетках млекопитающих по критерию снижения репродуктивного потенциала. В дополнении к генотоксическому показателю может определяться тератогенная активность исследуемого вещества, которая проявляется в ходе визуального анализа частоты морфологических аномалий тычиночных нитей [16]. Традесканцию выращивают на исследуемой почве и впоследствии проводят микроскопический анализ тычиночных нитей молодых соцветий. Также может использоваться другой способ постановки экспериментальных исследований, когда свежесрезанные соцветия традесканции погружают в испытуемые растворы тестируемых веществ на 24 часа и после этого аналогичным образом проводят анализ на мутагенную активность [17]. Подобный способ подходит для исследования генотоксичности жидких сред. Кроме этого, тест-система пригодна для проведения микроядерного теста (Trad-MN), позволяющего с большей точностью выявить хромосомные аберрации. В эксперименте можно проводить анализ, как самих пыльцевых зерен, так и корневых меристем по аналогии с тестом на луке (*Allium cepa*). На основе анализа тычиночных нитей традесканции показаны возможности оценки мутагенных свойств почв, содержащих углеводородные соединения и тяжелые металлы [16, 17].

Соя культурная (*Glycine max.* (L) Merrill) также является индикаторным видом для выявления мутагенных свойств химических соединений и почв. Особенность биотеста на *Glycine max* заключается в том, что проявление мутагенеза фиксируется путем визуального учета пятен, образующихся на листах растения. Семена сои перед проращиванием замачивают в растворах исследуемых веществ или выращивают непосредственно в испытуемой почве до стадии появления двух простых и одного сложного листа – примерно на 21–28-е сутки от начала опыта. Следует отметить, что в экспериментах используется выведенная линия сои *Glycine max.* Т 219. Результаты экспериментальных исследований [18–20] показывают, что различные виды пятен, образующихся на листьях сои, могут прямо свидетельствовать о различных типах генных нарушений, что в свою очередь является отличительным признаком тест-растения.

В экспериментах по изучению пригодности использования индикаторных видов растений для выявления мутагенной активности тяжелых металлов отмечается, что растительная культура *Glycine max* является подходящей тест-системой для идентификации различных типов генных нарушений, которые могут свидетельствовать об особенностях и механизмах генотоксического действия со стороны химических соединений, способных загрязнять почву. Отмечается чувствительность *Glycine max* к проявлению мутагенного действия солей тяжелых металлов по сравнению с индикаторным клоном традесканции (*Tradescantia-clon 02)* [18], при этом, выделяется достаточно высокая корреляционная зависимость между показателями фитотоксичности и микропараметрами, свидетельствующими о генотоксическом действии исследуемых веществ.

Следует отметить, что использование биотестов на высших растениях в области генотоксических исследований в большей степени ориентировано на выявление мутагенных свойств токсичных соединений, которые относят к приоритетным загрязнителям почвы: тяжелые металлы, нефтепродукты, отходы производств, пестициды, а также осадки сточных вод, применяемые в сельском хозяйстве [7, 9, 10, 11, 15-19]. Однако в данной области следует рассмотреть еще одно актуальное направление – изучение генотоксичности современных видов химических противогололедных материалов (ПГМ). В этой связи необходимо обозначить актуальность данной области исследований. В частности, в настоящее время в качестве ПГМ востребованы многокомпонентные смеси, представляющие собой сложные комбинации различных групп химических соединений (хлориды, нитраты, ацетаты, формиаты и др.). Комбинированные ПГМ по сравнению с однокомпонентными образцами (хлористый натрий, хлористый кальций и др.), наиболее эффективны при более низких отрицательных температурах [21]. Однако активное и повсеместное использование подобных средств требует всестороннего изучения степени их опасности для окружающей среды и здоровья человека. Следует обратить внимание на тот факт, что в области цитогенетических исследований ПГМ недостаточно изучены. В диссертационной работе [22] представлены результаты экспериментального исследования, в котором на индикаторных штаммах бактерий (*Salmonella typhimurium*) изучались мутагенные свойства некоторых образцов ПГМ, планируемых к использованию взамен широко распространенной технической соли (хлористый натрий). В результате проведенных экспериментов был сделан вывод о том, что изученные составы ПГМ не обладают мутагенной активностью. Однако для более глубокого изучения генотоксичности современных видов ПГМ, имеющих сложный химический состав, очевидно, потребуется более широкий спектр исследований. Для этого целесообразно рассматривать индикаторные виды растений, поскольку такие тест-системы позволяют исследовать биологическую активность, как на клеточном уровне, так и на уровне угнетения роста чувствительных органов растений по показателю фитотоксичности, который является одним из критериев оценки степени опасности ПГМ [23]. Учитывая тот факт, что почвы придорожных территорий подвержены воздействию ПГМ, актуально использовать индикаторные возможности рассмотренных тест-растений в целях оценки негативного влияния ПГМ на качество почвы. Данный подход может иметь принципиальное значение при обосновании безопасного использования рекомендуемых норм расхода многокомпонентных ПГМ, а также позволит пересмотреть

существующие показатели, используемые в исследованиях при обосновании степени их опасности.

Литература

1. Руководство по краткосрочным тестам для выявления мутагенных и канцерогенных химических веществ. Гигиенические критерии состояния окружающей среды № 51. Женева, 1989. С. 86–88.
2. Leme D.M., Marin-Morales M.A. Allium cepa test in environmental monitoring: a review on its application. Mutation Research. 2009. Vol. 682. P. 71–81.
3. Milton J.C., Elizabeth T.O. Introduction and perspectives of plant genetic and cytogenetic assays a report of the U.S. environmental protection agency Gene-Tox program. Mutation Research Reviews in Genetic Toxicology. 1982. Vol. 99 (1). P. 1–12.
4. Прохорова И.М., Комарова М.И, Фомичева А.Н. Оценка митотоксического и мутагенного действия факторов окружающей среды. Методические указания. Ярославль. 2003. С. 32.
5. Концевая И.И. Толкачёва Т.А. Совершенствование методики биотестирования на основе Alllium теста // Вестник Витебского государственного университета № 6. 2012. С. 57–65.
6. Левина А.А. Трушин М.В., Ратушняк А.А, Растительные тест-системы в оценке состояния окружающей среды // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. № 2. 2012 г. № 2. С. 50–54.
7. Ибрагимова Э.Э. Митотическая активность клеток корневой меристемы Allium cepa l. при совместном действии пестицидов и тяжелых металлов // Ученые записки крымского федерального университета имени ВИ. Вернадского. Биология. Химия. № 27. № 1. 2014.С. 56–63.
8. Fiskesjo G. The Allium Test as a standard in environmental monitoring. Hereditas. 1985. Vol. 102(1). P. 99–112.
9. Silveira G. L., Lima M.G., Reis G.B., Palmieri M.J., Andrade-Vieira L.F. Toxic effects of environmental pollutants: comparative investigation using Allium cepa L. and Lactuca sativa L. Chemosphere. 2017. № 178. P. 359–367.
10. Mazzeo D.E.C., Fernandes T.C.C., Fontanetti C.S., Marin-Morales M.A. Monitoring the natural attenuation of a sewage sludge toxicity using the Allium cepa test. Ecological Indicators. 2015. Vol. 56. P. 60–69.
11. Кудрявцев А.А., Михайлова Л.В., Рыбина Г.Е., Гордеева Ф.В., Цулаия А.Л., Знаменщиков А.Н. Исследование миграции и деградации нефти в торфяных почвах верховых болот ханты-мансийского автономного округа (ХМАО) под контролем биотестирования // Сибирский экологический журнал. 2012. Т. 19, № 6. С. 761–768.
12. Пяткова С.В., Гераськин С.А., Васильева А.Н., Козьмин Г.В., Лянной Н.Н. Особенности использования Allium-теста для оценки токсичности образцов воды и почвы с радиоактивно загрязненных территорий // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2009. № 3. С. 50–57.
13. Зотов А.В., Кудрявцева Е.А., Кавеленова Л.М. К оценке аллелопатической и генотоксической активности листового опада некоторых древесных интродуцентов // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. 2013. № 2. С. 17–23.
14. Ткачук Н.В., Янченко В.А., Демченко А.М. Антибактериальная и фитотоксическая аткивность производных антипирина с имидазоазепиновым фрагментом // Вестник БГУ. Сер. 2. 2015. № 1. С. 38–42.
15. Verma S., Srivastava A. Cyto-genotoxic consequences of carbendazim treatment monitored by cytogenetical analysis using Allium root tip bioassay. Environmental monitoring and assessment. 2018. Vol. 190(4). P. 238.
16. Аниськина М.В. Воздействие легких углеводородов на высокочувствительный растительный тест-объект Tradescantia (clon 02) // Журнал Математические и естественные науки в современном мире. 2014. № 21. С. 58–63.
17. Реутова Н.В. Эколого-генетическая и эпидемиологическая оценка горных территорий центрального Кавказа, загрязненных тяжелыми металлами (на примере Кабардино-Балкарской республики): автореф. дис. … д-ра биол. наук. Нальчик, 2008. С. 46.
18. Реутова Н.В. Исследование мутагенного потенциала тяжелых металлов с использованием сои (Glycine max. (L.) Merill) линии Т219 // Журнал Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2012. № 2. С. 140–144.
19. Джамбетова П.М. Генетические последствия загрязнения окружающей среды нефтепродуктами в Чеченской Республике: автореф. дис. … д-ра биол. наук. Уфа, 2014. С. 46.
20. Биттуева М.М. Оценка эффективности растительного теста по учету соматических мутаций в листьях сои Glycine max (L.) Merrill // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. С. 548.

21. Аржанухина С.П. Совершенствование технологии применения противогололедных материалов при зимнем содержании автомобильных дорог // Дороги и мосты. 2009. №. 22. С. 111–120.

22. Чудакова С.Б. Токсиколого-гигиеническая оценка степени опасности антигололедных реагентов: дис. … канд. мед. наук. М., 2006. С. 191.

23. Крятов И.А., Тонкопий Н.И., Водянова М.А., Русаков Н.В., Донерьян Л.Г., Евсеева И.С., Ушаков Д.И., Матвеева И.С., Воробьева О.В., Цапкова Н.Н. Методические подходы к обоснованию гигиенических требований к применению противогололедных материалов // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93, № 6. С. 52–54.

KEY TEST-PLANT SPECIES IN GENOTOXICITY STUDIES OF SOILS AND DIFFERENT POLLUTANTS

A.V. Sbitnev, M.A. Vodyanova, L.V. Akhaltseva

Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, asb21@yandex.ru

Summary. *Some kinds of higher plants are sensitive test systems for assessing the mutagenic properties of various toxicants. Indicator advantages usage of such plants as onion (Allium cepa), tradescancia (Tradescantia) and soya (Glycine max.) provides a complex toxicity assessment of soils and different chemical substances which may have an adversely effect on human health. Plant assays can be useful for hygienic assessment of modern deicing agents.*

Keywords: *test system, test plant, genotoxicity, mutagenic activity, root meristems, mitotic activity, biological activity, chromosomal aberrations, deicing agent, phytotoxicity.*

УДК 911.52

ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЛЕСОБОЛОТНЫХ ЭКОТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ

А.А. Синюткина[1], Л.П. Гашкова[1, 2], М.А. Каширо[2]

[1] Сибирский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Томск, ankalaeva@yandex.ru

[2] Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, mkashiro@yandex.ru

Аннотация. *В статье представлены результаты исследования по оценке состояния и гидроморфной трансформации лесоболотного экотона в зоне влияния Бакчарского болотного массива (северо-восточный отрог Большого Васюганского болота, подзона южной тайги Западной Сибири) с использованием метода георадиолокации и контактных исследований. Выявлена зона интенсивной гидроморфной трансформации прилегающих к Бакчарскому болотному массиву территории, протяженностью 500 м и более.*

Ключевые слова: *георадар, заболачивание, ландшафтная дифференциация, Васюганское болото, торфяные почвы.*

Существующая в настоящее время проблема неоднозначности оценок тренда заболачивания и интенсивности аккумуляции торфа в условиях изменяющего климата определяет необходимость проведения исследований по оценке влияния комплекса природных факторов на формирование пространственных структур ландшафтного покрова болот и лесоболотных экотонов с использованием современных методов сбора и обработки материалов полевых исследований. Целью исследования является оценить современное состояние лесоболотного экотона Бакчарского болотного массива, выявить зону интенсивного влияния болота на прилегающие территории. Для решения поставленной цели использовался метод георадиолокации, позволяющий получить массив данных о глубине и стратиграфии торфяной залежи с высоким пространственным разрешением.

Объектом исследования является ключевой участок площадью 0,24 км^2 в бассейне р. Ключ (правый приток р. Бакчар, бассейн р. Чая, подзона южной тайги Западной Сибири), включающий окраинную часть Бакчарского болота, прилегающие к нему заболоченные и суходольные леса.

Методика проведения полевых исследования включала в себя ряд этапов:

1. Проведение георадарной съемки с использованием георадара ОКО-2 в комплекте с экранированным антенным блоком (частота зондирования 250 МГц, развертка по глубине 200 нс, шаг зондирования 5 см). Съемка выполнена в марте 2018 года, общая протяженность георадарных профилей составила 2,3 км. Пространственная привязка профилей проведена с использованием датчика перемещения и GPS навигатора. В процессе съемки устанавливались метки на радарограмме, соответствующие точкам контактных измерений.

2. Контактные исследования на опорных точках. В соответствии с установленными метками на радарограмме в летний период 2018 года выполнено контактное зондирование торфяной залежи на 18 точках, включающие определение мощности торфяной залежи, выделение стратиграфических горизонтов по видам и степени разложения торфа визуальным методом [1]. Проведен отбор образцов торфа на 4 точках для определения ботанического состава и степени разложения под микроскопом. Выполнены геоботанические описания и описания микрорельефа поверхности, проведено определение уровня болотных вод от средней поверхности болота на 12 площадках.

3. Обработка и интерпретация данных георадиолокации с использованием данных контактных измерений на опорных точках. Построены профилей торфяной залежи и минерального дна болота, получены данные о мощности торфяного горизонта в пределах ключевого участка.

В пределах ключевого участка широкое распространение получили заболоченные смешанные леса с преобладанием березы (таблица 1). Уровень болотных/грунтовых вод на момент наблюдения (22-24.07.2018) отмечены на глубине 30–0 см от средней поверхности, понижения часто заполнены водой. Микрорельеф сильно расчлененный, с понижениями, глубиной до 50 см, средние размеры которых в плане составляют 3–5 м. Положительные формы, образованные приствольными повышениями, старыми упавшими стволами и выворотнями корней, занимают 30–40% поверхности заболоченного леса. Согласно классификации гидроморфных почв [2] в пределах ключевого участка преобладают торфяные маломощные почвы с мощность торфяного горизонта 0,7–1 м. Встречаются торфянисто-глеевые и торфяно-глеевые почвы, а также торфяные среднемощные в окраинной части болотного массива.

Характеристика точек контактных исследований

№	Фитоценоз	Мощность торфа, м	УБВ/УГВ, см от средней поверхности	Расстояние от Бакчарского болота, м
1	Березово-сосновое кустарничковое пушицево-сфагновое верховое болото	1,4	–10	–
2	Кедрово-елово-березовый разнотравно-злаковый заболоченный лес	1,1	–5	463
3	Кедрово-сосново-березовый разнотравный заболоченный лес	1,0	–10	655
4	Кедрово-березовый разнотравно-злаковый заболоченный лес	1,0	–10	500
5	Кедрово-березовый разнотравно- злаковый заболоченный лес	1,0	–15	308
6	Сосново-осиново-березовый разнотравный гипновый заболоченный лес	0,75	–15	220
7	Кедрово-березовый разнотравно-злаковый заболоченный лес	0,7	0	390
8	Елово-сосново-березовый хвощовый заболоченный лес	0,7	–30	148
9	Елово-кедрово-березовый разнотравный заболоченный лес	0,5	–10	722
10	Кедрово-сосново-березовый болотнотравный заболоченный лес	0,3	–10	47
11	Елово-кедрово-березовый разнотравно-злаковый заболоченный лес	0,25	–15	656
12	Осиново-березово-кедровый разнотравный лес	0	–30	526

В стратиграфии торфяной залежи заболоченных лесов преобладают низинные древесные и древесно-травяные торфа с высокой степенью разложения в пределах 35–50% (рис. 1). Торфяная залежь окраинной части Бакчарского болотного массива мощностью 1,4 м относится к смешанному типу. Верхний горизонт до глубины 50 см сложен верховым древесно-сфагновым торфом. Далее на глубине 50-100 залегает слой древесно-осокового низинного торфа со степенью разложения 30%. Нижние слои сложены низинным осоково-гипновым торфом. Степень разложения торфа изменяется в пределах 20–35%.

Использование данных георадарной съемки позволило оценить пространственную дифференциацию мощности торфяной залежи вдоль линии профиля и выявить участки с резкими перепадами глубин минерального дна за счет высокого пространственного разрешения съемки. В качестве примера на рис. 2 показан георадарный профиль, полученный в окраинной части Бакчарского болотного массива. Начало профиля соответствует точки № 1 контактных исследований (таблица). В первой части профиля отмечено резкое увеличение мощности торфяного горизонта с 1 м до 1,70 на протяжение 20 м вдоль линии профиля, что соответствует уклону поверхности минерального дна 3,5%. Далее поверхность минерального дна практически плоская с перепадами высот в пределах 20–30 см.

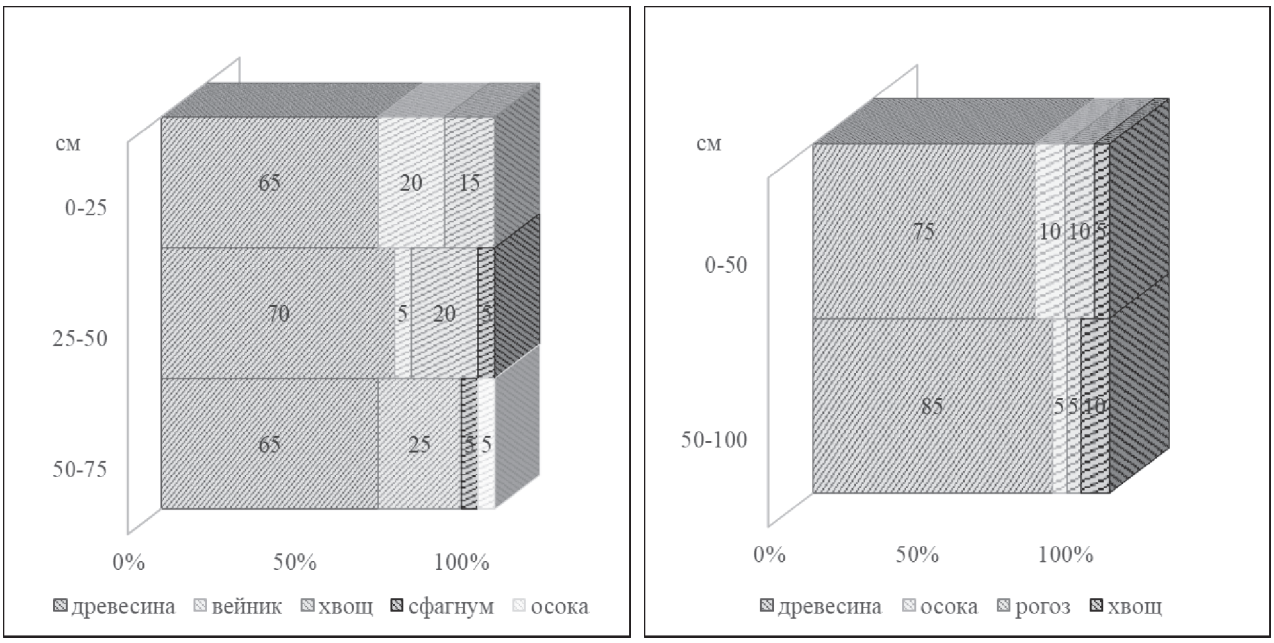


Рис. 1. Стратиграфия торфяной залежи сосново-осиново-березового разнотравного гипнового заболоченный леса (А) и кедрово-сосново-березового разнотравного леса (Б)

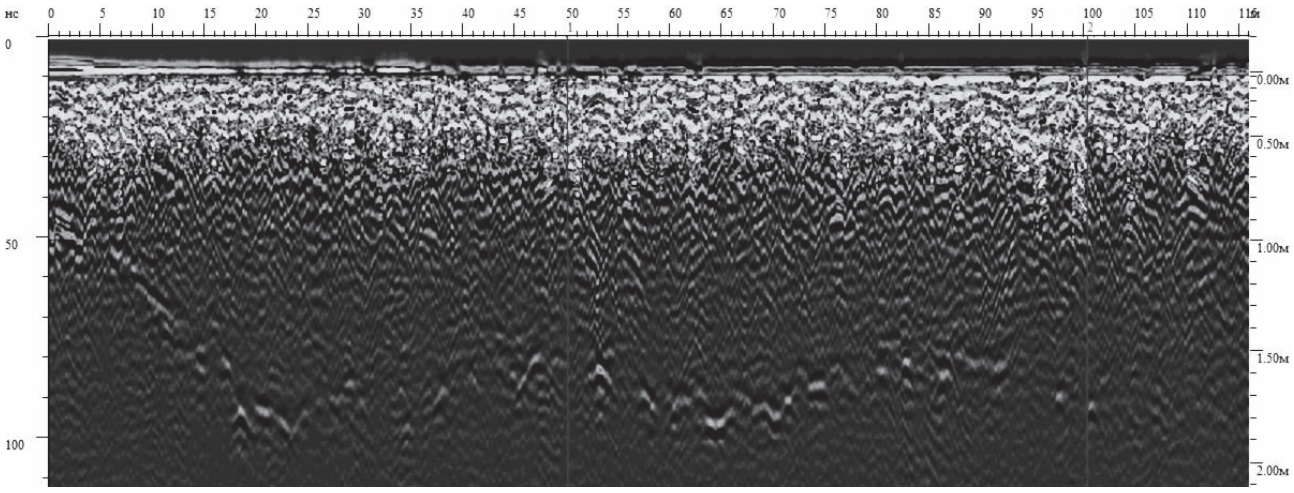


Рис. 2. Георадарный профиль в пределах окраинной части Бакчарского болота (дата съемки 20.03.2018)

Анализ всего массива полученных с использованием метода георадиолокации данных показал отсутствие закономерностей в изменении мощности торфяного горизонта при удалении от границы болотного массива в пределах ключевого участка. Это объясняется сложным геоморфологическим строением лесоболотного экотона – наличием понижений на некотором удалении от основного контура Бакчарского болота (150–300 м), в настоящее время занятых торфом мощностью 0,5–1,5 м. Максимальные значения мощности торфяного горизонта заболоченного леса отмечены на расстоянии 300–650 м от границы болотного массива. В непосредственной близости с границей происходит быстрое уменьшение мощности торфяного горизонта от 1,7 в пределах березово-соснового кустарничкового пушицево-сфагнового верхового болота до 0,3 м на расстоянии 50 м от границы болота в пределах кедрово-сосново-березового болотнотравного заболоченного леса.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить пространственную дифференциацию растительности и почвенного покрова в пределах зоны влияния Бакчарского болотного массива. По результатам георадиолокационной съемки почвенного покрова совместно с данными контактных наблюдений построены профили торфяной залежи и минерального дна болота. Выявлена зона интенсивной гидроморфной трансформации прилегающих к

Бакчарскому болотному массиву территории, занятая смешанными заболоченными лесами с преобладанием березы и мощностью торфяной залежи 0,25-1,5 м. Протяженность зоны достигает 500 м от границы болотного массива и более. В пределах ключевого участка пространственная дифференциация почвенного и растительного покрова зависит главным образом от морфологических особенностей минерального дна болота и заболоченного леса и уклона современной поверхности и в меньшей степени определяется удаленностью от границы болотного массива.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00387 –мол_а.

Литература

1. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. Москва: Недра, 1976. 488 с.
2. Почвоведение. Типы почв, их география и использование, 2 часть, под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Москва: Высшая школа, 1988 г. 368 с.

GEORADIOLOCATION STUDYES OF THE SPATIAL DIFFERENTIATION OF FOREST AND MIRE ECOTONS

A.A. Sinyutkina[1], L.P. Gashkova[1, 2], M.A. Kashiro[2]

[1]Siberian Research Institute of Agricultural and Peat – branch of Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Biotechnologies, Tomsk, ankalaeva@yandex.ru
[2]National Research Tomsk state university

Summary. *The paper dealt with assessment of hydromorphic transformation of the forest and mire ecotone in the zone of influence of the Bakchar Bog (the northeastern part of the Great Vasyugan Mire, Western Siberia southern taiga). In this study we use sensed GPR data to estimate peat thickness and properties validated with a limited number of ground peat depth measurements. A 500 m zone of intensive hydromorphic transformation of the territory adjoining the Bakchar Bog has been revealed.*
Keywords: *GPR, paludification, spatial differentiation, Vasyugan mire, peat soil.*

УДК 544.032:535.31.550.46

СПЕКТРЫ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ГЕНЕЗИСОМ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

И.В. Соколова, А.А. Кудлацкая, Л.Б. Наумова, Ю.Г. Слижов

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, sokolova@phys.tsu.ru

Аннотация. *Исследованы спектры поглощения и флуоресценции гуминовых кислот, отличающихся генезисом органического сырья, изучено также влияние УФ- и видимого излучения на спектральные свойства исследуемых образцов.*
Ключевые слова: *спектры поглощения и флуоресценции, гуминовые кислоты, различный генезис, ультрафиолетовые эксилампы.*

Гуминовые вещества (ГВ) и их производные обладают широким спектром различных химических, физико-химических и биологических свойств. Основными источниками ГВ являются торф, почва и некоторые сорта бурых углей. Гуминовые вещества являются сложными супрамолекулярными системами, образуемыми продуктами окислительной деградации компонентов биомассы. Обогащенность кислородсодержащими функциональными группами, среди которых преобладают карбоксильные и фенольные, определяет кислотный характер и макролигандные свойства ГВ. Данные взаимодействия способствуют уменьшению миграционной способности и биодоступности экотоксикантов в природных средах, что определяет актуальность исследований, направленных на изучение свойств ГВ и разработку способов их использования для минимизации последствий загрязнения окружающей среды.

Способность гуминовых кислот, важнейшей составляющей ГВ, связывать органические загрязнители изменяется при модификации их функционального состава и физико-химических свойств. Модификацию гуминовых кислот (ГК) можно осуществить различными способами: облучением видимым или УФ-светом, механоактивацией, химическими методами [1, 2]. Влияние различных типов модификации на спектрально-люминесцентные свойства ГК изучено недостаточно.

В связи со сказанным выше целью настоящей работы является изучение спектров поглощения и флуоресценции гуминовых кислот различного генезиса и влияния на них облучения различного спектрального диапазона.

В качестве объектов исследования использовали ГК, выделенные из образцов торфа низинного и верхового типа месторождения «Тёмное» Томской области. Степень разложения торфа верхового типа – 10–13%, зольность – 2–3%; низинного типа – 30–35%, зольность – 8–10%. Для сравнения был взят стандартный коммерческий препарат гуминовых кислот Aldrich (ГКА). Code: 22709097 53680-50G.

Спектры поглощения и флуоресценции регистрировали на спектрофлуориметре СМ2203 (фирма «Solar», Беларусь). Длина оптического пути кюветы в случае измерения поглощения составляла 10 мм, флуоресценции 2 мм. Спектры поглощения регистрировали в обычном режиме в интервале 200-500 нм. Спектры флуоресценции регистрировали также в обычном режиме в интервале 330-650 нм. Длина волны возбуждения флуоресценции – 318 нм. Ширина щелей монохроматора составляла 5 мм. Полученные спектральные данные обрабатывали с помощью пакета программ OriginLab. Коэффициенты экстинкции в спектрах поглощения определялись при длине волны 465 нм и 665 нм ($E_{1см,465нм}$) и ($E_{1см,665нм}$) на основании которых рассчитывался коэффициент цветности $Q = E_{465}/E_{665}$ [3]. Матричные растворы ГК с концентрацией 0,5 г/л были приготовлены путём смешения навески сухого препарата с рассчитанным объёмом 0,1 н. раствора NaOH и дальнейшим выдерживанием смеси в течение 30 минут в ультразвуковой ванне с подогревом до 45^0 С. Затем матричный раствор разбавляли в 10 раз (исследуемая концентрация ГК равнялась 0,05 г/л).

Облучение серий растворов происходило на расстоянии 10 см от источника излучения в течение 40 минут при постоянном перемешивании с помощью механической мешалки.

В качестве источников УФ излучения для фотохимических исследований были использованы уникальные импульсные эксилампы: лампа на рабочих молекулах KrCl с параметрами $\lambda_{изл}$ ~ 222 нм, $\Delta\lambda$ = 5—10 нм, $W_{пик}$ = 18 мВт/см^2, f = 200 кГц, длительность импульса 1 мкс; длительность импульса 250—300 мкс, которые были разработаны под руководством проф. В.Ф. Тарасенко в Институте сильноточной электроники СО РАН, г. Томск [4]. Также для облучения ГК была использована гелиевая лампа «*Solar*» с фильтром СЗС-24, моделирующая солнечное излучение [1] ($\lambda_{изл}$ = 300-800 нм, $W_{пик}$ до 160 мВт·см$^{-2}$). Эксилампы выделяются удачным сочетанием своих физических параметров и удобством эксплуатации. Во многих случаях, когда необходимо облучать объекты узкополосным излучением, соответствовать современным экологическим стандартам, а когерентность излучения не важна, эксилампы выступают как альтернатива лазерному излучению. Большая часть лучистого потока эксиламп сосредоточена в УФ или ВУФ диапазоне, в сравнительно узкой спектральной области полушириной от 2 до 15 нм для эксиплексных молекул и до 30 нм для эксимеров инертных газов. Эти свойства приводят к возможности селективности проведения фотохимических реакций и, как следствие, к применимости таких источников света в разнообразных задачах, где не нужны направленность и когерентность излучения, а нужна узкополосность.

Электронные спектры имеют характерный для гуминовых кислот вид — пологих кривых без четко выраженных полос. Для них характерно интенсивное поглощение в УФ-области спектра. Для анализа были взяты спектры поглощения растворов с концентрацией ГК 5 х 10^{-2} г/л. Получено, что наибольшую интенсивность из исследуемых образцов имеют ГК фирмы Aldrich. Его спектр находится в более длинноволновой области по сравнению с другими ГК. Данное отличие может быть обусловлено происхождением исследуемых образцов, а также различным соотношением ароматических структур в их составе.

Также было проведено определение коэффициента цветности щелочного раствора ГК Q = E465/E650. Данные представлены в таблице.

Значения коэффициента цветности щелочных растворов ГК E_{465} и E_{650}

Образец	Глубина залегания	Степень разложения %	E_{465}	E_{650}	Коэффициент цветности Q= E_{465}/E_{650}
ГК1 (низин. тип)	150–175 см	30-35%	0,111	0,032	3,46
ГК 2 (верховой тип)	0–25 см	>20%	0,063	0,016	3,93

Коэффициенты цветности исследуемых образцов попадают в стандартный диапазон 3,00–4,67; оптическая плотность в пределах рекомендуемых значений – 0,01–0,2. Чем выше коэффициент цветности, тем большее содержание атомов кислорода и азота. Данный факт может свидетельствовать о потенциальной биологической активности ГК исследуемых образцов торфа.

Гуминовые вещества также обладают способностью флуоресцировать в области от 400 до 650 нм под действием излучения УФ и видимого света. Изучены спектры флуоресценции исследуемых образцов ГК, концентрация которых составляла 5х10^{-3} г/л и являлась наиболее оптимальной. В спектрах флуоресценции образец фирмы Aldrich обладает наименьшей интенсивностью по сравнению с другими образцами. Различие в интенсивности и форме спектров обусловлено различным соотношением ароматических структур, а также различием в функциональных группах.

При воздействии излучения лампы KrCl интенсивность поглощения меняется незначительно даже после 40 минут воздействия. Поэтому, можно сделать вывод, что данные образцы являются довольно фотостабильными. Более заметны изменения в спектрах флуоресценции после облучения по сравнению со спектрами поглощения. С течением времени наблюдается увеличение интенсивности полос. Изменения происходят в связи с некоторой перестройкой молекул и изменением процентного состава компонентов. Увеличение интенсивности полос флуоресценции свидетельствует также об образовании новых фотопродуктов в процессе облучения УФ-светом.

Для сравнения было проведено облучение образцов ГК лампой «Solar». В ходе исследования было установлено, что в спектрах поглощения ГК практически нет изменений. Интенсивность же спектров флуоресценции исследуемых образцов растет и в процессе такого облучения, хотя и в меньшей степени, чем при УФ-облучении, что свидетельствует об образовании новых фотопродуктов и в этом случае.

Таким образом, сравнение спектрально-люминесцентных свойств ГК, выделенных из низинного и верхового торфов, выявило их существенные различия, связанные со степенью разложения.

Исследованные образцы ГК значительным образом отличаются по спектральным свойствам от ГК фирмы «Aldrich». Это связано с различными условиями формирования, а также разным соотношением ароматических структур. Перминовой И.В. с соавторами [5] была выявлена достоверная положительная корреляция между значениями константы детоксикации гуминовых веществ и их ароматичностью, поэтому при сравнении интенсивностей в спектрах поглощения и люминесценции различных образцов ГК можно выбирать из них наиболее перспективные для использования в качестве природных детоксикантов – веществ, способных снижать экологическую нагрузку на окружающую среду.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России, проект № 4.6027.2017/8.9. и при поддержке Программы повышения конкурентоспособности ТГУ.

Литература

1. Нечаев Л.В. Взаимодействие гуминовых кислот верхового торфа и их фракций с нафталином в водных средах: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Томск, 2014. 19 с.

2. Tchaikovskaya O.N., Nechaev L.V., Yudina N.V., Mal'tseva E.V. Quenching of fluorescence of phenolic compounds and modified humic acids by cadmium ions // Luminescence. 2016. С. 1098–1102.

3. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. М.: Изд-во МГУ, 1974. 287 с.

4. Ультрафиолетовые и вакуумно-ультрафиолетовые эксилампы: физика, техника и применения / А.М. Бойченко, М.И. Ломаев, А.Н. Панченко, Э.А. Соснин, В.Ф. Тарасенко. Томск: STT, 2011. 512 с.

5. Perminova I.V., Grechishcheva N.Yu., Kovalevskii D.V. et al. Quantification and prediction of detoxifying properties of humic substances to polycyclic aromatic hydrocarbons related to chemical binding // Environ. Sci. Technol. 2001. V. 35, № 19. P. 3841–3848.

FLUORESCENCE SPECTRA OF HUMIC ACIDS WITH DIFFERENT GENESIS OF ORGANIC RAW MATERIALS

I.V. Sokolova, A.A. Kudlatskaya, L.B. Naumova, J.G. Slizhov

National Research Tomsk State University, Tomsk, sokolova@phys.tsu.ru

Summary. *The absorption and fluorescence spectra of humic acids differing in the genesis of organic raw materials have been studied, and the influence of UV and visible radiation on the spectral properties of the samples studied has also been studied.*

Keywords: *the absorption and fluorescence spectra, humic acids, different genesis, ultraviolet excilamps.*

УДК 631.4

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОПРОВОДНОСТИ ПОЧВЕННОЙ СРЕДЫ СО СМЕШАННОЙ СТРУКТУРОЙ

Н.Р. Сулейманов, Р.Я. Аббасова

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, Азербайджан, Баку, terrasoil@rambler.ru

Аннотация. *Длина капилляров и объемы свободных (гравитационных) пор, являются определяющими показателями физического состояния и инструментом регулирования режимом увлажнения почвы. Изменяя естественное структурное состояние тяжелых почв в смешанное, создаются условия дальнейшего ускорения процесса перемещения влаги и солевых компонентов почв, с низкими фильтрационными свойствами. Статья посвящена экспериментальному определению объемов реальных пор в почвенной среде с различным состоянием структурной организованности. Объемы реальных пор–V_p обеспечивающие влагопроводность в почвенной среде с естественным, смешанном и смешанном закрепленным полимером, составляет, соответственно 9,12; 17,11; 12,31%.*

Ключевые слова: *свободная пористость, фильтрационные свойства, капиллярная влагоёмкость, реальная пористость.*

Теоретические предпосылки и обоснование влагопереноса в нарушенной почвенной среде. Целостность капиллярных ходов является лимитирующим фактором перемещения влаги- и солепереноса. Нарушение целостности капиллярных связей путем изменения структуры является инструментом регулирования миграции солей и влаги. Иными словами, изменяя геометрические размеры–длину капиллярных и объемы свободных (гравитационных) пор, можно регулировать режим увлажнения, а значит управлять процессом перемещения влаги по профилю почвы. Оно является дополнительным резервом возможности для дальнейшего ускорения процесса перемещения влаги и солевых компонентов почв, с низкими фильтрационными свойствами ($К_ф$<0,3 м сек$^{-3}$), вглубь.

Подчиненность развития, энергетическая связанность ландшафта и составляющих его экосистем, диктует необходимость разработки мелиоративных методов, основанных на принципах экологической оптимизации элементарных почвенных процессов, выдвинутых акад. В.Р.Волобуевым, предусматривающих «лучшее согласование практики решения хозяйственных задач с законами природы» [1].

В контексте вышеизложенного, появляется необходимость определения границ колебания почвенных параметров при изменении структурного состояния почвенной среды от воздействия естественных климатических факторов, а также от трансформации и закрепления структуры, то есть от комплекса воздействий на почву.

Устойчивость структурного состояния почв реализуется за счет взаимодействия различных специфических (химических, физических, биологических, гидравлических) почвенных механизмов, и в большей степени, за счет способности почвы к переагрегации [11]. Переагрегация почвенной массы происходит в результате циклов набухание-усадка при увлажнении и высыхании. В результате этих процессов идет формирование новых почвенных агрегатов и порового пространства, то есть иного структурного состояния почвы, называемой смешанным структурным состоянием [4, 5, 6].

Из анализа теоретических предпосылок и взглядов, посвященных движению воды в почвенной среде, следует, что для почвенно-экологической оптимизации движения влаги, имеются следующие теоретически обоснованные механизмы регулирования:

– изменение структурного состояния почвенной среды, физическая сущность которой является в создании почвенной среды с нарушенными капиллярными связями, стимулирующими гидравлическую проводимость за счет нейтрализации отрицательного эффекта набухания;

– регулирование режима увлажнения почвы, обеспечение ускоренного иссушения почвы за счет увеличения свободных пор и геометрии порового пространства за счет коротких капиллярных пор в площади поперечного сечения почвы;

– абструктуривание направления иммобилизационных (восходящих) потоков влаги и интенсификация испарения влаги за счет увеличения площади поверхности почвенных агрегатов.

В набухающих естественных солончаках Сиязань-Сумгаитского массиваозерно-аллювиального происхождения процессы набухание-усадка, в годичном цикле компенсируясь между тактами, возвращаются к исходному уровню [2, 3, 8]. В естественных условиях, созданные процессом усадки трещины, полностью закупориваются после увлажнения почвы в зимний период. То есть, из-за того, что объем трещин усадок количественно равен объему набухания почвы, структурное состояние почвы возвращается к исходному состоянию.

Анализ физических свойств почв показали, что если изменения не превышают порога критических значений показателей структурно состояния почвы, то его восстановление возможно в течение вегетационного периода. Каждая почва имеет свой порог критических значений показателей физических свойств [10].

Почвенная среда, с объемами свободных пор больше объема набухания почвы, имеет теоретическую основу сохранения естественной водопроницаемости среды и увеличения её, после цикла полного набухания дисперсной среды. Именно смешанная почвенная структура с указанными параметрами пористости в состоянии обеспечить нисходящий поток влаги, следовательно, перемещение солей вниз по профилю.

Смешанная структура, трансформированная из естественного структурного состояния, стабилизируясь, приобретает новое физическое равновесие, находясь в иерархии структурной организованности почвы на высшей ступени, сохраняет иерархические связи с исходным физическим состоянием почвы, имеет определенную схожесть и приобретенные различия.

Обоснованность подхода в решении проблемы слагается из теории обратимости почвенных процессов вообще, а влагопереноса в частности, что связано с цикличностью гидротермического режима почвы и лимитируемостью объемами влаги, определяющая геометрию зоны увлажнения.

Актуальность. Климатические ресурсы окружающей среды являются лимитирующими факторами, формирующие структурное состояние почвы, так как количество тепла и уровень влагообеспеченности почвы определяют границы устойчивости ее структуры. Наличие трещин-усадок в глинистых почвах, указывает на изменчивость агрегатного состояния почвенной среды, определяет границу перехода структуры почвы от естественной к нарушенной, которая тесно коррелирует с амплитудой колебания температуры. Сезонное колебание гидротермического режима почв более резко проявляется в верхних слоях, в основном, у линии, дневной поверхности почвы, которая трансформируясь, становится, такыровидной.

Абсолютные максимумы гидротермических показателей устанавливают условные границы изменения структурного состояния почвенной среды тяжелых почв. Для определения характерных особенностей процесса гидропроводности почвы со смешанной структурой необходимо изучать процесс в дисперсной среде с различной степенью структурной организованности (естественной–ненарушенной, смешанной–нарушенной).

Сравнительный анализ результатов исследований, дает возможность рассчитатьвлагу находящуюся под воздействием различных сил (менисковые, гравитационные) и определить объемы реальных пор, обеспечивающие влагопроводность набухающей почвенной среды, являющейся актуальной задачей при регулировании фильтрационных свойств набухающих почв.

Объект и методы исследования. Монолиты, для проведения лабораторных исследований, взятые из тяжело глинистых набухающих естественных солончаков, озерно-аллювиального происхождения в Сиязань-Сумгаитском массиве.

Насыщение почвенной среды осуществлено капиллярно, в виде восходящего потока влаги, методом декантации, состоящей из семи сеансов. Задачей исследований являлось определение объемов реальных свободных пор, обеспечивающие влагопроводность почвенной среды различного структурного состояния, экспериментальным путем.

Исследовалась эффективность выщелачивания солей в почвенной среде с ненарушенной (контроль), нарушенной–смешанной структурой и смешанной закрепленной полимером ВО. Полимер "ВО" – представляет собой пяти процентный гелеобразный водный раствор желто-

го цвета натриевой соли гидролизованного полиакрилонитрила. Опыты проводились на фильтровальном аппарате конструкции Н.Р. Сулейманова. Преимуществом аппарата является создание условий для регулирования количества подачи воды на эксперимент в широком диапазоне, а также возможность подачи нормы увлажнения с помощью капельниц, что является важным условием в создании капиллярного режима подачи воды. Такой режим подачи воды обеспечивает высокую адаптивность лабораторной модели к условиям, максимально приближенным к естественным.

Монолиты капиллярно насыщались методом декантации в виде восходящих потоков, а увлажнение выполнялось в режиме капельной подачи воды в виде нисходящих потоков.

Обсуждение результатов. Разность в скоростях водоподъема, между естественной и смешанной структурами формируется при растущем значении свободной пористости почвы, связанной с обработкой. Создание дополнительных поровых пространств больших, чем объем набухания почвы, способствует компенсации потери пористости, которой подвергается почвенная среда при набухании тяжелых почв. Приращение свободной пористости над объемом набухания обеспечивает дополнительный резерв пористости, который именуется автором реальной пористостью [7].

Из-за больших размеров пор смешанной структуры, силы, формирующие нисходящие потоки, превосходящие восходящих, являются доминирующими на определенных отрезках путей следования почвенной влаги, где вода, освобождаясь от действий менисковых сил, принимает свободную–объемную форму и гравитационные силы преобладают над капиллярными.

Определение объемов реальных пор в различных структурных состояниях почв

Структурное состояние почвы-монолита	Вес/плотностьмонолита, г / г $см^{-3}$	Объем монолита, $см^{-3}$	Вес монолита насыщенный до, г		ПВ, %	$\Delta V_{кв}$, $см^{-3}$	$\Delta V_{пв}$, $см^{-3}$	$V_{пв}$-$V_{кв}$, $см^{-3}$	Объем реальныхпор, $V_р$, %
			КВ	ПВ					
Естественное сложение	1450 / 1,38	1052,3	1786,4	1882,4	29,82	336,4	432,4	96	9,12
Смешанное	1062,9/ 1,38	771,3	1309,5	1441,5	35,62	246,6	378,6	132	17,11
Смешанное + полимер ВО	802,5/ 1,04	852,4	988,7	1093,7	36,28	186,2	291,2	105	12,31

Придание почвенной среде смешанной структуры, способствует увеличению влагопроводности почвы, соответственно в 2,73 и 3,97 раза или до 1,538; 176,4 мм/час, против 0,563; 44,4 мм/час в естественном сложении. Смешанная структура почвы с горизонтальными свободными поровыми пространствами, создает условия, при которых свободные поры почвенной среды сохраняется, а влагопроводность структуры дает возможность сохранить достигнутый предел высоких значений в течение определенного времени (до начала процесса пептизации внутри почвенных агрегатов) [9].

Приобретенные дополнительные свободные поры увеличивают емкость свободных пор, увеличивает воздухообмен, способствующий изменению температурного градиента между отдельно взятым почвенным агрегатом и окружающим его порового пространства, наконец, площади испарения влаги непосредственно с поверхности почвенных агрегатов, комков, блоков [6].

Преследуя цель разработки приема регулирования влаго- и солепереноса в дисперсной среде, определены предельные значения лимитирующих факторов, стимулирующие элементарные почвенные процессы. Сказанное подтверждается разностью между скоростями водоподъемной и фильтрационными, которые колеблются в пределах 43,84–174,86 мм/ч. Объемы реальных пор– V_p обеспечивающие влагопроводность в почвенной среде с естественным, смешанном и смешанном закрепленным полимером составляет, соответственно 9,12; 17,11; 12,31%.

Выводы. Смешанная структура, приобретает новое физическое равновесие, находясь на высшей ступенив иерархии структурной организованности почвы, сохраняет иерархические связи с исходной почвой, имеет определенную схожесть и приобретенные различия.

1. Приобретенные дополнительные свободные поры увеличивают емкость свободных пор, увеличивает воздухообмен, способствующий изменению температурного градиента между отдельно взятым почвенным агрегатом и окружающим его порового пространства.

2. Объемы реальных пор–V_p обеспечивающие влагопроводность в почвенной среде с естественным, смешанном и смешанном закрепленным полимером, составляет, соответственно 9,12; 17,11; 12,31%.

Литература

1. Волобуев В.Р. О некоторых проблемных исследованиях в почвоведении. Проблемы почвоведения и агрохимии. М.: Наука, 1986. С. 130–138.
2. Воронин А.Д. Основы физики почв. М.: МГУ, 1986. 244 с.
3. Злочевская Р.И. Связанная вода в глинистых грунтах. М., 1969. 174 с.
4. Кузнецов М.Я., Нерпин С.В. Расчет водного режима в мездрённой зоне при глубоком рыхлении почвы // Моделирование почвенных процессов. М.: Пущино, 1985. С. 51–58.
5. Сулейманов Н.Р. Критерии оценки физического состояния набухающих почв со смешанной структурой // Тез. док. Всерос. конф. «Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям». М., 2002. С. 44–45.
6. Сулейманов Н.Р. Объяснение движения влаги в почве из позиции изменчивости дисперсной среды и обратимости процессов // Труды II Съезда Общества Почвоведов Азербайджана. Т. XVI, ч. II. Баку, 2005. С. 344–350 (на азербайджанском языке).
7. Сулейманов Н.Р. Понятие реальной пористости и оценка его в набухающей почвенной среде со смешанной структурой // Тез. док. Всерос. конф. «Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям». М., 2002. С. 115.
8. Сулейманов Н.Р., Аббасова Р.Я. Ландшафтно-адаптивное почвенно-экологическое освоение такыровидных солончаков. Баку, 2012. 145 с.
9. Сулейманов Н.Р., Аббасова Р.Я. Математическая модель расчета геометрии актив-ной зоны почвы относительно влажности набухания // Материалы Национальной конференции с международным участием «Математическое моделирование в экологии – ЭкоМатМод 2009». Пущино, 2009. С. 264–265.
10. Уткаева В.Ф. Устойчивость структурного состояния почв к антропогенным воздействиям // Тез. док. Всерос. конф. «Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям». М., 2002. С. 15.
11. Хитров Н.Б. Представление об устойчивости почв к внешним воздействиям // Тез. док. Всерос. конф. «Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям». М., 2002. С. 3–6.

CHARACTERISTIC FEATURES OF HYDROPICODE OF THE SOIL MEDIUM WITH A MIXED STRUCTURE

N.R. Suleymanov, R.Ya. Abbasova

Institute of Soil Science and Agrochemistry, NAS of Azerbaijan, Baku, terrasoil@rambler.ru

Summary. *The mixed structure transformed from the natural structural state, stabilizing, acquires a new physical equilibrium, being in the hierarchy of structural organization of the soil at the highest stage, preserves hierarchical links with the initial physical state of the soil, has a certain similarity and acquired differences. The main one is the volumes of additional free pores more than the volume of soil swelling, which are created by mechanical treatment and form part of the real pores, ensuring the moisture conductivity of the swelling soil environment. The study is devoted to the experimental determination of the volumes of real pores in the soil environment with different states of structural organization. The volumes of real pores-Vp providing moisture conductivity in soil medium with a natural, mixed and mixed fixed polymer, are, respectively, 9.12; 17.11; 12.31%.*

УДК 631.4

ТИПОЛОГИЯ АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ СПП

Е.Ю. Сухачева[1], Б.Ф. Апарин[2]

[1] ФГБНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург, soilmuseum@bk.ru
[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, soilmuseum@bk.ru

Аннотация. *Разработана типология структур почвенного покрова (СПП) антропогенно-измененных ландшафтов лесной зоны (на примере Ленинградской области). В основу типологии положены закономерности в изменении почвенного покрова (ПП) под влиянием антропогенного фактора: вид и степень преобразования компонентного состава и нарушения межкомпонентных связей. Разработанная типология носит универсальный характер для ландшафтов лесной зоны и может быть использована при создании среднемасштабных почвенных карт.*
Ключевые слова: *структура почвенного покрова, антропогенно-измененные ландшафты и почвы.*

Антропогенная деятельность в настоящее время является ведущим фактором дифференциации ПП региона, благодаря масштабам и интенсивности воздействия. Она совмещает одновременно функции структуроформирующего фактора и процесса.

Поскольку антропогенное воздействие затрагивает практически все почвенные разности, ПП усложняется и в нем появляется большое число новых антропогенно-трансформированных типов и подтипов почв. Значительная площадь занята техногенными непочвенными образованиями (НПО).

Деятельность человека в регионе прямо или косвенно затронула не только почвы, но и сложившиеся в течение сотен и тысяч лет межкомпонентные генетические связи, определяющие сущность СПП. При ослаблении или усилении связей между компонентами в той или иной степени изменяются параметрические характеристики СПП (форма, границы, контрастность, состав, сложность). Разрыв связей приводит к полной внутриландшафтной перестройке ПП. СПП перестает функционировать как система, разбиваясь на отдельные ареалы почв или несвязанные между собой почвенные комбинации. Это является причиной нарушения целостности и устойчивого функционирования геосистем.

Типизация антропогенно-преобразованных СПП проведена на основе анализа и обобщения материалов исследований ПП территорий в различных ландшафтах Ленинградской области при крупно- и среднемасштабном картографировании.

В почвенной картографии накоплен значительный опыт в отображении естественных СПП как в качестве карт-врезок к мелкомасштабным и обзорным картам, так и самостоятельных карт СПП [1, 2]. Оригинальный подход к картографированию антропогенно-измененных почв на среднемасштабных картах предложили А.В. Жогалев и И.Ю. Савин [3]. В Московской области по космоснимкам ими были выделены 4 типа наземного покрова для населенных пунктов: городская застройка, промышленная застройка, парковая, дачная. Все они отнесены к мозаикам с различным соотношением антропогенно-трансформированных почв и техногенным поверхностным образованиям (ТПО) [3].

Типология антропогенно-преобразованных СПП Ленинградской области разрабатывалась с целью отображения на цифровой почвенной карте масштаба 1: 200 000 (ЦПК) почвенного покрова антропогенно-измененных ландшафтов. Типология отвечает назначению ЦПК – оценке экологического, агро- и лесорастительного потенциалов почв крупного агропромышленного региона. Для типологии использовались категории, характеризующие СПП на различных иерархических уровнях. При типологии руководствовались следующими принципами: преемственности – в основу типологии положено учение об СПП В.М. Фридланда [4]; единство категорий, используемых для группировки естественных, антропогенно-преобразованных и антропогенных СПП; соответствие категорий назначению карты; иерархичность категорий, построенная от общего к частному с последующим увеличением информации об СПП.

При изучении антропогенно-преобразованных СПП были использованы методология и методы почвенного картирования значительно измененных хозяйственной деятельностью территорий, разработанные на основании многолетних исследований почв Северо-Запада и апробированные авторами при создании цифровых почвенных карт Санкт-Петербурга (м-б 1:50000) [5] и Ленинградской области (м-б 1:200000).

Для определения дешифровочных признаков использовались данные дистанционного зондирования Земли космических аппаратов Landsat 7,8 с пространственным разрешением до 15 м на пиксель и Spot 4 с разрешением до 10 м на пиксель и материалы крупномасштабного картирования. На ключевых участках и профилях проводили диагностику антропогенно-преобразованных СПП: компонентного состава, характера связей между компонентами, степени преобразования почв под влиянием различных видов хозяйственной деятельности.

Поиск особенностей и закономерностей влияния антропогенного фактора на почвенный покров основывался на сравнительно-географическом и сравнительно-историческом методах.

Для типизации антропогенно-измененных и антропогенных СПП были использованы пять категорий: класс, тип, подтип, серия, вид. На высшем уровне по степени преобразования СПП выделены 3 класса: естественные, антропогенно-измененные и антропогенные. Класс антропогенно-измененных СПП представлен 12 типами, а класс антропогенных – 6 типами, которые выделены по преобладающему антропогенному структуроформирующему процессу, и обусловленной им геометрической форме. Следующий уровень (подтип) выделяется на основе новых межкомпонентных связей в ПК или их отсутствии (сочетания, комплексы, урбопедокомбинации и тд.). В серии группируются ПК по сходному компонентному составу и процентному соотношению занимаемой ими площади. На уровне видов основной акцент делается на характере внутренней организации ПП, (полосчатая, пятнистая, ячеистая, дискретно-сетчатая и другие).

Класс: Антропогенно-измененные СПП.

Под антропогенно-измененными СПП понимаются почвенные комбинации с частично или полностью нарушенными исторически сложившимися межкомпонентными связями. Вновь образующиеся связи формируют новые СПП в течение длительного времени. Характерной чертой таких СПП на начальной стадии является то, что, с одной стороны, межкомпонентные связи еще соответствуют определенным типам СПП в естественных ландшафтах (комплексы, сочетания, ташеты, вариации, пятнистости), с другой стороны, компонентный состав, форма ЭПА и границы СПП кардинально отличаются от таковых в естественных условиях. Компонентный состав ПП новых СПП состоит из разной степени трансформированных почв и на начальных стадиях формирования СПП находится в несоответствии с типом СПП по характеру связей. С течением времени это несоответствие минимизируется. В антропогенно-преобразованных СПП новые связи накладываются на естественные (при их сохранении), усложняя структуру ПП.

Лесозаготовительный тип (комплексы естественных почв с турбированными, стратифицированными, абрадированными почвами). Встречается во всех лесных ландшафтах области на свежих вырубках. При значительном разнообразии компонентного состава, и показателей контрастности, неоднородности и сложности естественного ПП Ленинградской области, нарушения при этом типе воздействия однотипны. В результате работы тяжелой техники нарушается верхняя часть почвенного профиля и формируется хорошо выраженный микрорельеф. Со временем образуются постлесозаготовительные СПП.

Мелиоративно-лесной тип (комплексы естественных избыточно переувлажненных торфяно-глеевых и торфяных почв с их окисленно-глеевыми вариантами и линейными ареалами стратифицированных почв). СПП этого типа приурочены к плоским слабодренированным равнинам на моренных валунных и безвалунных суглинках, ленточных глинах и реже двучленных отложениях. При эффективной работе дренажа на мелиорированных землях формируется межканавная СПП с зонированной структурой водообмена и линейными формами почвенных ареалов.

Противопожарно-лесной тип (комплексы подбуров и подзолов с узколинейными ареалами турбированных, абрадированных и стратифицированных подтипов и абраземов) имеет ли-

нейные или вытянутые криволинейные формы и формируются при прокладке противопожарных канав в сухих сосновых лесах области.

Рекреационно-лесной тип (ташеты естественных почв с абрадированными подтипами, абраземами и почвами с переуплотненным горизонтом). Значительная рекреационная нагрузка на ПП лесов области, как правило, связана с местами массового отдыха по берегам рек, озер, акваторий Финского залива и Ладожского озера. Наиболее часто такой тип СПП встречается в сухих разреженных лесах. Основные нарушения ПП связаны с механической деформацией органогенных или органоминеральных горизонтов, кострищами, свалками мусора. При высокой рекреационной нагрузке наиболее сильно страдают почвы с маломощными поверхностными горизонтами

Поствоенный тип (сочетания стратоземов по погребенным почвам с естественными почвами) связан со строительством оборонительных рубежей во время Великой Отечественной войны, имеет линейные формы и приурочен к возвышенным формам рельефа.

Агрогенно-лесной тип (ташеты естественных лесных почв с агроестественными почвами, агроземами или постагрогенными почвами, пятнистости по мощности пахотного горизонта) выявлен в различных ландшафтах преимущественно в отдаленных от мегаполиса районах. Представляет собой комбинации окультуренных почв, реже агроземов с вкраплениями небольших ареалов естественных лесных почв. Ташеты, образованные в результате смены растительного покрова при сельскохозяйственном освоении, накладываются на естественную СПП увеличивая показатели контрастности. Часто из-за малой площади сельхозугодий и удаленности от населенных пунктов многие пахотные почвы в конце XX столетия перешли в залежь.

Тип лесных питомников (комплексы агроестественных (или агроземов) почв с стратифицированными подтипами). Питомники заложены в разных районах области на дренированных почвах легкого гранулометрического состава. СПП лесных питомников имеют прямоугольную форму и полосчатый рисунок, обусловленный технологией выращивания сеянцев деревьев.

Агрогенный тип (пятнистости агроземов альфегумусовых или текстурно-дифференцированных по мощности пахотного горизонта, сочетания эродированных и намытых агроземов) сформировался в 60–80 годы прошлого столетия, когда небольшие по площади сельскохозяйственные угодья области объединялись в крупные массивы, выравнивались границы полей, проводилась планировка территории для работы более современной техники. СПП этого типа занимают относительно большие площади в камовых и холмисто-моренных ландшафтах или на Ордовикском плато – на территориях, где в естественных условиях преобладают автоморфные почвенные разности. СПП этого типа имеют прямоугольную форму, а их границы совпадают с границами полей.

Агромелиоративный тип (комплексы агроземов, агроземов окисленно-глеевых, стратифицированных почв, мозаики агроземов и почв «дренажных засыпок»). Наиболее распространенными объектами осушения в области являются дерново- и торфяно-подзолистые глеевые и глееватые почвы на суглинистых моренных отложениях и озерно-ледниковых суглинках и глинах, подзолы глеевые, торфяно-подзолы глеевые и эутрофные торфяно-глеевые почвы на водно-ледниковых и озерных легких и двучленных породах.

Результатом строительства мелиоративной системы является и коренная перестройка естественной СПП [6]. На месте одной целостной СПП появляются отдельные генетически несвязанные между собой участки почвенного покрова, прямоугольная форма которых определяется очертаниями открытых каналов осушительной сети. Помимо антропогенно-преобразованых почв на участках осушительной мелиорации обычными компонентами ПП являются почвы дренажных засыпок, которые еще более усложняют новую СПП.

Постагрогенный тип (ташеты по агролесным, агрогенным и агромелиоративным СПП) которые представляют собой самовосстанавливающиеся структуры после снятия антропогенной нагрузки.

Рекреационно-парковый тип (комплексы, ташеты, мозаики) – наиболее сложный из антропогенно-изменённых СПП, который формируетсяя одновременно в результате несколь-

ких видов антропогенного воздействия. Проявляются они в нарушении строения естественных почвенных профилей, в наличии многочисленных артефактов, погребенных почв, линейных и других специфических форм почвенного покрова.

Магистральный тип (ташеты по типу органогенного или органоминерального горизонта в естественных почвах, комплексы естественных, абрадированных и стратифицированных почв). Территория Ленинградской области практически во всех направлениях пересечена линейными СПП, образовавшимися в результате прокладки линий электропередач (ЛЭП), газо и нефтепроводов. Характерными признаками для типа являются линейность и разнообразие почвенных комбинаций. В ПП в основном сохраняются все межкомпонентные связи. В пределах этого типа СПП внутренние границы между почвенными комбинациями определяются естественными границами СПП.

Класс: Антропогенные СПП.

Почвенный покров на территории населенных пунктов, садоводств, карьеров и вдоль авто и железнодорожных магистралей кардинально отличается от ПП как в естественных, так и в антропогенно-измененных ландшафтах по составу и своей структурной организации [5, 7]. Для таких территорий характерна дискретность почвенного покрова, компонентами которого являются антропогенные (педоаллохтонные или интродуцированные [5] или значительно-преобразованные деятельностью человека естественные почвы и ТПО [8] а также обязательное наличие непочвенных образований (различные строения, асфальтированные участки, гравийные дороги и насыпи, выходы пород, водные артерии), являющиеся причиной дискретности ПП.

Урбанизированный (урбопедокомбинации антропогенно-трансформированных почв, педоаллохтонных (интродуцированных) почв и непочвенных образований). Для характеристики СПП на урбанизированных территориях ранее были введены термины – почвенное урбанизированное пространство и урбопедокомбинации [7]. Для почвенного урбанизированного пространства характерна дискретность ПП и мелкоконтурность. В пространстве, ограниченном рисунком улиц и проспектов, под влиянием прямого или косвенного воздействия человека сформирован геометрически определенный тип поверхности, представляющий участки с комбинацией непочвенных образований и почв, процентное соотношений которых колеблется в широких пределах. На урбанизированных территориях практически нет почвенных комбинаций, образованных генетически взаимосвязанными компонентами. Это объясняется тем, что связь между компонентами ПП отсутствует изначально, так как большинство почв сконструировано человеком, либо генетическая связь между компонентами ПП разрушена при строительстве зданий, создании улиц и проспектов. В связи с тем, что при формировании ПП поселков и городов значительную роль играет антропогенный фактор необходимо исследовать не только естественные факторы почвообразования, но и исторические закономерности в строительстве.

Агроурбанизированный (агроурбопедокомбинации агроземов, стратифицированных, турбированных, абрадированных агропочв, интродуцированных почв и непочвенных образований). Этот тип формируется на территориях поселков и садоводств, которые занимают в Ленинградской области значительные площади. Агроурбопедокомбинации отличаются от урбопедокомбинаций компонентным составом. В них всегда присутствуют агроземы или их модификации (стратифицированные, окисленно-глеевые). Непочвенные образования занимают меньшие площади, по сравнению с урбопедокомбинациями. Специфической особенностью этих СПП является упорядоченное ячеистое строение и мелкоконтурность, границы имеют правильную геометрическую форму и легко дешифрируются по космоснимкам.

СПП автомагистралей и железных дорог (линейные технопедокомбинации антропогенно-измененных, антропогенных почв и непочвенных образований). Вся территория Ленинградской области пересечена сетью автомобильных и железных дорог, образующих своеобразную сетевую структуру линейных СПП. Вдоль магистралей и дорог всегда существует зона с повышенной антропогенной нагрузкой – съезды, осушительные придорожные канавы, автозаправки, станции. На этих территориях встречаются практически все виды преобразований

почвенного профиля – стратификация, срезание, турбация, погребение, уничтожение и создание новых почвенных профилей интродуцированных почв, а также изменение свойств почв с ненарушенным строением. Для СПП этого типа характерна симметричность строения относительно дорожного полотна.

СПП горнорудных карьеров (концентрические технопедокомбинации абралитов, литостратов, петроземов, псаммоземов). Карьеры занимают на территории области относительно небольшие площади, однако они являются наиболее экологически неблагополучными с максимально нарушенными функциями ПП. В них преобладают непочвенные образования – литостраты и абралиты [8]. Почвенные контуры петроземов, псаммоземов или пелоземов имеют малую площадь и расположены фрагментарно среди непочвенных образований. В этом типе СПП могут присутствовать также естественные почвы и их антропогенно-преобразованные варианты.

Таким образом, влияние антропогенной деятельности влечет за собой изменения в структуре ПП, которое проявляется от незначительных колебаний в его характеристиках до перестройки внутриландшафтной СПП, полного уничтожения структур и создания принципиально новых форм организации почвенного пространства не имеющих аналогов в природной среде.

Литература

1. Герасимова М.И., Гаврилова И.П., Богданова М.Д. Мелкомасштабное почвенное картографирование. М.: Географический факультет МГУ, 2010. 119 с.

2. Сорокина Н.П. Принципы типизации почвенных комбинаций при изучении агрогенных изменений почвенного покрова // Почвоведение. 2005. № 12. С. 1477–1485.

3. Жоголев А.В., Савин И.Ю., Голосная А.О. Изменение площади нарушенных почв садово-дачных участков в Подмосковье, выявляемое по спутниковым данным Landsat // Науки о Земле. 2014. № 1-2. С. 76–83.

4. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 423 с.

5. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Почвенный покров Санкт-Петербурга: «из тьмы лесов и топи блат» к современному мегаполису // Биосфера. 2013. Т. 5, № 3. С. 327–352.

6. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Эволюция почв и почвенного покрова мелиорированных земель. СПб., 2009. 266 с.

7. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга) // Почвоведение. 2014. № 7. С. 790–802.

8. Классификация и диагностика почв России. Авторы и составители: Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Смоленск: Ойкумена, 2004. 235 с.

TYPOLOGY OF ANTHROPOGENICALLY MODIFIDED SPP

E.I. Sukhacheva[1], B.F. Aparin[2]

[1] FSBSI Central Soils Museum by V.V. Dokuchaev Saint-Petersburg, soilmuseum@bk.ru
[2] St. Petersburg state university, Saint-Petersburg, soilmuseum@bk.ru

Summary. *The typology of soil cover patterns (SPP) of anthropogenically modifided landscapes of the forest zone had developed (on the example of the Leningrad Region). The typology based on regularities in changes in the soil cover (PP) under the influence of the anthropogenic factor: the type and degree of transformation of the component composition and the disruption of intercomponent relationships. The developed typology is universal for the landscapes of the forest zone and can be used to create medium-scale soil maps.*
Keywords: *the structure of the soil cover, anthropogenically modifided landscapes and soils.*

УДК 633.34:632.51:632.954:631.51.012:631.514

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ГЕРБИЦИДОВ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В АГРОЦЕНОЗАХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

Х.Ш. Тарчоков

Институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН, Нальчик, kbniish2007@ yandex.ru

Аннотация. *В последнее время у сельхозтоваропроизводителей различных форм собственности Кабардино-Балкарии на рынке все большее предпочтение приобретает культура соя. Величина урожая этой ценной зернобобовой культуры во многом зависит не только от биологического потенциала возделываемого сорта, но и от степени реализации последнего с помощью агротехнологических приемов возделывания в соответствующих природно-климатических зонах отдельно взятого региона.Поэтому нами в условиях полевого опыта проведены исследования по определению эффективности систем гербицидов и способов обработки почвы в агроценозах некоторых сортов сои в степной природно-климатической зоне Кабардино-Балкарии. В данной статье представлены материалы по динамике численности сорных растений их видовому составу и урожайности зерна в агроценозах некоторых сортов сои (Виллана, Арлета и Лиана) на фоне различных факторов интенсификации. Применяли две системы гербицидов: прометрин, СК (500 г/л) в дозе 3.5 л/га с внесением в почву перед всходами культуры под «слепое» боронование посевов и прометрин в дозе 2.5 л/га в почву + пантера, КЭ (40 г/л) в дозе 1.0 л/га, внесенный по всходам сои в фазе 3-5 тройчатых листьев культуры в качестве страхового гербицида. В результате проведенных исследований установлено, что химпрополка посевов сои была наиболее эффективной при вспашке, независимо от испытываемого сорта. Средняя урожайность по сортам была на хозяйственном контроле 17.6 против 16.4 ц/га на фоне с чизельной основной обработкой почвы. Качественные показатели зерна были также на стороне данных, полученных на фоне культурной вспашки – 34,5-35,6% против 30,3-32,4% с чизельной основной обработкой почвы. Засоренность посевов сои также была ниже на фоне культурной вспашки и изучаемых в опыте систем гербицидов, в итоге повышалась величина урожайности зерна изучаемых сортов сои в среднем на 4,5-6,3 ц/га как на гербицидном, так и без их применения фонах.*

Ключевые слова: *соя, гербициды, сорт, засоренность посевов, чизельная обработка, качество, вспашка, агроценозах, оптимизация, энергозатраты.*

Исследования проводили в 2009–2011 гг. в стационарном севообороте, расположенном на экспериментальном поле лаборатории технологии возделывания полевых культур – пос. Опытный Терского района Кабардино-Балкарии.

Почва опытного участка – обыкновенный (карбонатный) чернозем тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В пахотном слое (0-20 см) содержалось: гумуса – 3,0-3,5 %; P_2O_5 – 0,14–0,27; K_2O – 2,0–2,6% (по Мачигину), РН – 6,8–7,0. Среднегодовое количество осадков не превышает 360–400 мм [2, 3].

В годы проведения исследований погодные условия несколько отличались от среднемноголетних показателей (табл. 1).

Так, количество выпавших осадков превышало среднемноголетние данные на 30,1-55,6 мм, средняя температура воздуха и его относительная влажность были в пределах нормы.

В опытах высевали два селекции ФГБНУ ВНИИМК им. В.С. Пустовойта и один сорт селекционно-семеноводческой компании «Соевый комплекс» – Соко.

Сорт Лиана выведен во ВНИИМК им. В.С. Пустовойта, включен в Госреестр селекционных достижений с 2005 г. Сорт специального использования, предназначен для выращивания в смешанных посевах с кукурузой на зеленый корм и силос. В чистых посевах урожайность зеленой массы составляет 280–320 ц/га, хорошо сочетается с растениями кукурузы при совместном выращивании обеспечивая повышение содержания белка в кормовой массе.

Сорт среднего срока созревания с вегетационным периодом 130-135 суток, растение высокорослое – 160–180 см, опущение густое, рыжевато-коричневое. Бобы средней величины, преимущественно двух-трехсемянные, коричневой окраски, устойчивость к растрескиванию бобов высокая. Масса 1000 семян – 150–170 г. Форма семян овально-удлиненная, окраска

семенной кожуры желтая. Рубчик семени средней величины, хорошо выражен и черной окраски.

Таблица 1

Метеорологические показатели в годы проведения исследований (по данным агрометеорологического поста «Куян», п. Опытный Терского района КБР)

Год	Осадки, мм	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %
2009	500,1	10,7	78,0
2010	514,0	12,1	69,0
2011	525,6	10,1	77,0
± многолетние данные (норма)	470,0	10,1	71,0

Вилана выведен во ВНИИМК им. В.С. Пустовойта, в Госреестре с 1999г. Самый высокопродуктивный и адаптивный сорт из возделываемых в Краснодарском крае с потенциальной урожайностью зерна в 45,0 ц/га и более.

В условиях степной зоны Кабардино-Балкарии созревает во второй – начале третьей декады сентября. Содержание белка в семенах 39–40%, масла – 21,5–23,4%. Высота растений – 95-120 см, нижние бобы прикрепляются на высоте 15–18 см от поверхности почвы. Куст компактный с полудетерминантным типом роста, опущение растений густое, серое. Листья среднего размера овально-длинные с заостренным кончиком. Бобы средней величины, преимущественно трехсемянные. По форме бобы слабоизогнутые, окраска створок при созревании светло-коричневая.

Семена средней крупности, масса 1000 штук – 140–175 г. Наиболее распространенный сорт в Северо-Кавказском и Южном Федеральном округах, занимающий до 50–70% всех посевов сои.

Арлета. Сорт выведен селекционно-семеноводческой компанией (Соко), сочетает в себе высокий потенциал урожайности с адаптивностью. Пластичен по отношению к разной ширине междурядий (от 7,5 до 70 см), приспособлен к поздним срокам посева в южных регионах страны, подходит для повторной культуры с посевом в срок до 5-го июля месяца. Обеспечивает стабильно высокую урожайность в засушливые годы за счет хорошей отзывчивости на оптимизацию условий увлажнения. Высокоустойчив к полеганию растений и растрескиванию бобов при перестое.

Средняя урожайность, ц/га: в основном (весеннем) посеве в условиях Северо-Кавказского и Южного регионов – 25,0 ц/га, в повторном посеве (при орошении) – 25,2 ц/га.

Содержание в семенах: белка 41–42%, масла – 21–23%. Тип роста растений – детерминантный, ветвитость – пониженная, опущение растений – серое, венчик цветка – фиолетовый.

Сою выращивали в трехпольном зернопропашном севообороте с чередованием культур: кукуруза – озимая пшеница – соя. В опыте изучали способы основной обработки почвы (фактор А): культурная вспашка плугом ПЛН – 4–35 на глубину 28–30 см и чизельная обработка на такую же глубину с помощью ЧКУ-4.0.

Посевы с различными сортами сои (фактор В) подвергались испытаниям системой приемов ухода: 1. контроль (хозяйственный), 2. прометрин, СК (500 г/л) в дозе 3,5 л/га препарата, внесенный в почву перед всходами под «слепое» боронование посевов сои, 3. пантера, КЭ (40 г/л) в дозе 1,0 л/га препарата, внесенный (на фоне применения прометрина) в фазе 3–5 тройчатых листьев культуры.

Технология возделывания сои общепринятая для степной зоны Кабардино-Балкарии: сеяли широкорядным (70 см) способом на глубину 5–6 см с нормой высева – 350–400 тыс. всхожих семян на один гектар. Механические приемы ухода состояли из довсходового «слепого» и по всходам в фазе 3–5 листьев культуры боронований БЗСС-1.0 и рыхлений междурядий КРН-5.6, дооборудованные райборонками, удобрения не вносили, предшествующей культурой для испытываемых сортов сои во все годы была озимая пшеница на зерно.

Опыты закладывались в 4-х кратной поверхности систематическим методом в два яруса, площади делянок составляли – общая – 180,0 и учетная – 120,0 м^2. Сою убирали методом прямого комбайнирования комбайном «Сампо-500» при наступлении фазы уборочной спелости зерна – 14–16% влажности [1, 11]. Урожайные данные обрабатывали статистически методом дисперсионного анализа по Доспехову.

Следует отметить, что ежегодные потери плодородного слоя почвы в нашей стране (данные МСХ РФ, 2016г) составляет 1,5 млрд. тонн [4]. Согласно классификации академика Кирюшина В.И. около 50 % пашни в стране выращивание сельхозкультур основано на естественном плодородии почв, что в итоге приводит к их деградации [6]. ПО данным академика Каштанова А.Н., в целом по стране в годы реформ проблема охраны почв выпала из поля зрения Правительства РФ. В Министерствах сельского хозяйства РФ в целом и в регионах нет даже мелкого структурного подразделения, которое бы занималось проблемами использования и охраны земельных ресурсов [5, 7].

В этой связи одним из важнейших методов решения проблемы – это ограничение и, по возможности, полное исключение доли питательных элементов, отчуждаемых сорно-полевой растительностью в агроценозах возделываемых сельскохозяйственных культур, в т.ч. и сои. Уникальность культуры соя невозможно переоценить потому, что за короткий период времени она не только производит большое количество белка и жира на единице посевной площади, но и оставляет в почве после себя до 130 кг/га биологически чистого азота.

Научно – исследовательские данные и производственная проверка их подтверждают, что на предкавказских карбонатных черноземах Кабардино-Балкарии посевы озимых зерновых колосовых, размещаемых по соевому предшественнику, не нуждаются в подкормках азотсодержащими минеральными удобрениями [9, 10].

Обследования посевов в наших опытах, программные учеты и анализы выявили около 20 видов сорняков, относящихся к различным семействам. В отдельные годы доминировали особо вредоносные многолетники – гумай (Sorgium halepense Pers), его называют и сорго алеппское; виды осотов – розовый (Wirsiium arvense Z), вьюнок полевой (Convolius arvense Z), свинорой пальчатый (Cunodon dactulon Z). Из малолетних злаково-двудольных преобладали щетинники: сизый (Setaria dlauca, Z) и зеленый (Setaria viridis Z), просо куриное (Echinochloa crusgalli Z), амброзия полыннолистная (Ambrosia artemisiifolia Z), горчица полевая (Sihapis arvengis Z), марь белая (Chenopodium album Z) и др.

В условиях степной зоны Кабардино-Балкарии в полевом земледелии эта группа сорняков наиболее вредоносна на посевах пропашных, в т.ч. и сои, снижая продуктивность возделываемых культур до 60,0–75,0%.

В наших исследованиях преследовалась цель – выявить оптимальные параметры использования систем приемов ухода в агроценозах различных сортов сои в зависимости от способа основной обработки почвы (культурная вспашка с оборотом и чизельная обработка без оборота пласта).

Полевой опыт многофакторный был заложен в течение 2009–2011 гг.

В настоящей работе представлены данные, отражающие фитосанитарное состояние посевов, позволяющие оценить целесообразность применения различных систем ухода в агроценозах некоторых сортов сои на фоне классического (культурная вспашка) и ресурсоэнергосберегающего (чизельная обработка без оборота пласта), способов основной обработки почвы.

В опыте изучали влияние таких факторов, как обработка почвы, сортовые особенности сои и система приемов ухода. По этим факторам изучали варианты: фактор А – обработки почвы; фактор В – сорт; фактор С – система приемов ухода.

Как показали наши исследования, в процессе вегетации по изучаемым вариантам происходит снижение, как численности, так и массы сорных растений (таблица 2). Установлено, что в первом учете (полные всходы культуры) на контроле (хозяйственный) на фоне (фактор А) культурной вспашки среднее количество сорняков в агроценозах изучаемых сортов сои насчитывалось 99,1 шт/м^2 против 114,4 экземпляров на фоне чизельной обработки. Такая же закономерность сохраняется и в отношении их массы к периоду уборки урожая – 756,0 против 7783 г/м^2.

Вторая система приемов ухода включала применение гербицида (прометрин в дозе 3,5л/га) перед всходами под «слепое» боронование посевов, и она повышала уровень подавления сорняков по сравнению с контролем: 26,9 шт/м^2 по количеству и 122,3 г/м^2 по массе к периоду завершения вегетации по вспашке с оборотом пласта. На фоне чизельной обработки эти данные составляли 34,5 шт/м^2 и 126,6 г/м^2, соответственно.

Однако техническая эффективность существенно повышается по фону системы гербицидов (почвенного и повсходового действий) прометрина и пантеры. Среднее количество сорняков к периоду наступления фазы созревания сои по культурной вспашке не превышало 13,5 экземпляров и 27,5 г/м^2 по массе. По вариантам с посевами сортов сои на фоне чизельной обработки засоренность на участках превышала (19,9 шт/м^2 по количеству и по массе, (30,0 г/м^2) зафиксированных на варианте со вспашкой.

Таблица 2

Изменение количества (шт/м^2) и массы (г/м^2) сорняков в зависимости от приемов ухода и способов обработки почвы (среднее за 2009–2012 гг.)

Способы обработки почвы (Фактор А)	Сорт (Фактор В)	Система приемов ухода (Фактор С)					
		Контроль (хозяйственный)		прометрин 3,5 л/га		прометрин + пантера 2,5:1,0 л/га	
Культурная вспашка на глубину 28-30см ПЛН-4-35	Виллана	93,8-)	850,5+)	25,3-)	130,8+)	13,5-)	35,8+)
	Лиана	108,5	705,9	28,9	115,7	15,0	25,9
	Арлета	95,0	710,8	26,5	120,5	12,0	20,9
	– х	99,1	756,0	26,9	122,3	13,5	27,5
Чизельная безотвальная обработка на глубину 28-30см ЧКУ-4.0	Виллана	103,8	880,7	30,8	135,3	18,3	31,0
	Лиана	119,3	703,8	35,5	123,5	19,3	28,1
	Арлета	120,0	750,3	37,3	120,9	22,2	18,9
	– х	114,4	778,3	34,5	126,6	19,9	26,0

Примечание. **-)** количество в период полных всходов, **+)** масса перед уборкой урожая сои.

Исследованиями также установлено, что степень засоренности посевов оказывала влияние и на сортовую специфику. В среднем за три года для сортов, учитывая и способы обработки почвы и химпрополку, наименьшее количество сорняков (по результатам первого и второго учетов) зафиксировано у сорта Вилана (25,3–13,5 экземпляров на 1 м^2). Это, скорее всего, связано с различным уровнем проникновения препарата в сорные растения в сочетании с характерными данными по габитусу изучаемых сортов.

В результате эффективного подавления сорняков на фоне применения различных приемов ухода повышение общей урожайности культуры в среднем достигало 25,8–30,0% и это приводило к формированию большей зерновой продуктивности изучаемых сортов сои в отдельности (табл. 3).

Так, средняя урожайность по сортам достоверно выше на 2,9 ц/га на фоне культурной вспашки по сравнению с чизельной обработкой почвы без оборота пласта.

Прослеживаются также достоверные различия между системами химпрополки на посевах изучаемых сортов сои. Об этом свидетельствует дополнительно полученная зерновая продукция: Виллана – 2,5 ц/га с применением комплекса гербицидов против одного прометрина на вспашке и 3,1 ц/га по сравнению с чизельной обработкой почвы. Такая же закономерность характерна и для агроценозов сортов сои Лиана и Арлета.

Качественные показатели урожая показали, что при культурной вспашке содержание протеина в зерне сои по сортам в среднем на 1,7% выше, чем на фоне чизельной обработки. С использованием системы приемов ухода количество протеина и жира в зерне подопытных сортов достоверно не различалось.

Наряду с определением хозяйственной и технической эффективности различных способов основной обработки почвы под посевы некоторых сортов сои и системы приемов ухода, нами устанавливалось «долевое» значение изучаемых элементов в формировании урожая зерна культуры (табл. 4).

Таблица 3

Влияние факторов интенсификации на урожайность зерна (ц/га) некоторых сортов сои в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии

Сорт	Годы	Культурная вспашка на 28–30см			Чизельная обработка на 28–30см		
		1+)	2+)	3+)	1	2	3
Вилана	2009	18,0	20,3	21,9	15,5	15,8	17,8
	2010	18,0	22,0	23,5	16,5	16,9	17,9
	2011	19,3	23,5	27,8	18,0	20,0	23,5
	- x	18,4	21,9	24,4	16,6	17,6	19,7
Лиана	2009	16,5	17,5	18,0	16,1	15,3	15,0
	2010	17,0	19,3	20,3	16,0	16,9	17,5
	2011	18,0	20,5	25,3	17,8	19,7	19,8
	- x	17,2	19,1	21,2	16,6	17,3	17,4
Арлета	2009	16,5	17,3	20,8	15,0	16,5	17,5
	2010	17,0	20,1	22,5	16,5	17,0	19,0
	2011	18,0	22,4	25,0	17,0	18,5	21,0
	- x	17,2	19,9	22,7	16,2	17,3	19,2

+) Примечание: 1 – контр. (хозяйств.); 2. прометрин – 3,5 л/га; 3. прометрин + пантера 2,5:1,0 л/га НСР – ц/га: по обработке почвы – 1,3; по системе приемов ухода – 1,8.

Как видно из приведенных данных, средняя величина зерновой продуктивности сои на фоне культурной вспашки выше на 1,4 ц/га, чем на чизельной обработке в условиях хозяйственного контроля.

На вариантах с применением химпрополки эта разница составила 2,8 ц/га в пользу обычной культурной вспашки. Дальнейшие расчеты показывают, что производственные затраты на посевах с сортами сои Виллана и Арлета, размещаемых по культурной вспашке были выше в среднем на 794,0 руб./га.

Таблица 4

Влияние факторов интенсификации на экономическую эффективность возделывания сои; среднее за 2009–2011 гг.

Способы обработки почвы (Фактор А)	Сорт (Фактор В)	Урожайность, ц/га	Произв. затраты, руб/га	Чистый доход, руб/га	Рентабельность, %
Культурная вспашка на 28-30 см ПЛН-4-35		Контроль (хозяйств.)			
	Вилана	18,4	7706	4695	600
	Арлета	17,2	7203	4388	56,8
Чизельная безотвальная на 28–30 см ЧКУ-4.0	Вилана	16,6	6742	4107	54,1
	Арлета	16,2	6579	4007	52,8
Культурная вспашка на 28–30 см ПЛН-4-35		прометрин – 3,5 л/га			
	Вилана	21,9	10,400	12,800	123,0
	Арлета	19,9	8100,0	10,900	134,0
Чизельная обработка на 28–30 см ЧКУ-4.0	Вилана	17,6	7900	8113,0	102,0
	Арлета	17,3	7900	8000	100,0
Культурная вспашка на 28–30 см ПЛН-4 – 35		прометрин – 2,5л/га + пантера 1,0 л/га			
	Вилана	244	11850	13800	116,0
	Арлета	22,7	11500	12000	104,0
Чизельная обработка на 28–30 см ЧКУ-4.0	Вилана	19,7	11500	10.100	87,0
	Арлета	19,2	11500	10.000	86,0

Однако полученный чистый доход и уровень рентабельности на этих посевах были выше данных, зафиксированных на фоне с чизельной основной обработкой почвы. Самые высокие

показатели по формированию чистого дохода с единицы посевной площади и уровню рентабельности производства соепродукции установлены на вариантах с системами использования химпрополки (прометрина в дозе 3,5л/га и обработка посевов культуры на фоне с 2,5 л/га прометрина пантерой в дозе 1,0 л/га).

Учитывая результаты наших исследований, следует обозначить целесообразность рекомендации на предкавказских (карбонатных) черноземах под посевы сои культурную вспашку на 28–30 см с обязательным применением химпрополки сочетающиеся гербицидов почвенного и на этом фоне препаратов повсходового (страхового) действий.

Литература

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 420 с.
2. Гост 10846-91 Метод определения белка. Зерно и продукты его переработки. Издание официальное. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. 11 с.
3. Гост 26213.91. Почвы. Методы определения органического вещества. Издание официальное. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. 8 с.
4. Потеря почвенного плодородия: профилактика и лечение // Ресурсосберегающее земледелие. 2018. № 37 (01). С. 1–15.
5. Зайцев Н.И., Бочкарев Н.И., Зеленцов С.В. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения. Масличные культуры. Науч.-тех. Бюл. ВНИИМК, 2016. Вып. 2 (166). С. 3–11.
6. Кирюшин В.И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов. СПб., 2018. 566 с.
7. Каштанов А.Н. Охрана почв – важнейшая национальная проблема // Земледелие. 2007. № 4. С. 10–11.
8. Тарчоков Х.Ш. Борьба с сорняками на посевах семенной кукурузы на орошении // Земледелие. 2014. № 5. С. 37–39.
9. Тарчоков Х.Ш., Чочаев М.М. Земельный фонд и почвенные ресурсы КБР // Земледелие. 2013. № 8. С. 7–10.
10. Тарчоков Х.Ш. Соя – экологически безопасная культура в агроценозах Кабардино-Балкарии. Материалы V научно-практической конференции молодых ученых и аспирантов. Проблемы и перспективы развития современных элементов технологий производства сельскохозяйственной продукции. Астрахань, 2008.
11. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. ГНУ ВНИИ масличных культур им. В.С. Пустовойта РАСХН. Краснодар, 2010. С. 327.

EFFICIENCY OF SYSTEMS OF HERBICIDES AND METHODS OF SOIL PROCESSING IN AGROECENOSIS OF PROMISING SOY GRADES IN THE CONDITIONS OF KABARDINO-BALKARIA

H.S. Tarcovkov

Institute of Agriculture of the Kabardino-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, kbniish2007 @ yandex.ru

Summary. *Recently, the soybean culture is gaining more and more popularity among agricultural producers of various forms of ownership in Kabardino-Balkaria. The value of the harvest of this valuable grain legume largely depends not only on the biological potential of the cultivated variety, but also on the degree of implementation of the latter with the help of agrotechnological methods of cultivation in the respective natural and climatic zones of a particular region. Therefore, in the field experiment, we conducted studies to determine the effectiveness of herbicide systems and methods of soil cultivation in agrocenoses of some soybean varieties in the steppe natural and climatic zone of Kabardino-Balkaria. In this article, we present materials on the dynamics of the number of weed plants in their species composition and grain yields in agrocenoses of certain varieties of soybeans (Villan, Arlet, and Liana) against a background of various intensification factors. Two systems of herbicides were used: prometrin, SK (500 g / l) at a dose of 3.5 l / ha with introduction into the soil before crops of the crop for "blind" harrowing of crops and prometrin at a dose of 2.5 l / ha in soil + panther, CE (40 g / l) at a dose of 1.0 l / ha, contributed to the growth of soybean*

in the phase 3-5 triple leaves of the crop as an insurance herbicide. As a result of the conducted studies it was established that the chemical control of soybean crops was most effective in plowing, regardless of the variety tested. The average yield by grades was on the economic control of 17.6 against 16.4 c / ha against a background with chisel soil treatment. Qualitative indicators of grain were also on the side of data obtained against the background of cultural plowing – 34.5-35.6% versus 30.3-32.4% with chisel soil treatment. Weediness of soybean crops was also lower against the background of cultural plowing and the studied herbicide systems in the experiment, as a result, the yield of the grain of the soybean varieties studied increased by an average of 4.5-6.3 centners per hectare both in herbicidal and without using them.
Keywords: *soybean, herbicides, variety, weed infestation, chisel processing, quality, plowing, agrocenosis, optimization, energy consumption.*

УДК 631.41:631.81

БАЛАНС КАЛИЯ УДОБРЕНИЙ (С ПРИМЕНЕНИЕМ ^{86}RB) НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ПОЧВАХ

А.Н. Тихановский

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии, Ямальский отдел, Салехард, severagro@yandex.ru

Аннотация. *Изучение калийного баланса удобрений с использованием радиоизотопа рубидий 86 показало, что внесение калийных удобрений на мерзлотные почвы в возрастающих дозах (60-120 кг д.в.) приводит к увеличению усвоения калия растениями, уменьшению уплотнения почвы и увеличению потери калия.*

Ключевые слова: *калий, вечномерзлый грунт, растение, рубидий 86.*

Вопросы калийного питания растений и калийного режима почв изучены в меньшей степени, чем вопросы азотного и фосфатного питания, что объясняется в значительной степени отсутствием подходящего изотопа калия. Химические методы не всегда отражают обеспеченность культур доступным калием и при их использовании невозможно отделить ионы почвенного калия от ионов калия удобрений. Использование легкодоступного радиоизотопа ^{42}К для изучения баланса калийных удобрений весьма ограничен в связи с малым периодом полураспада, всего 12,4 ч. Долгоживущий изотоп ^{40}К естественного происхождения слишком дорог. В связи с этим внимание исследователей привлек изотоп ^{86}Rb, как химический аналог калия.

Сродство рубидия и калия примерно одинаково, оба элемента используют один и тот же биологический переносчик во время их поглощения корнями растений [1-2].

Исследования проводились в лесотундровой зоне (г. Салехард). Почва по составу поверхностно-подзолистая элювиально-глеевая, супесчаная. Содержание гумуса в слое 0-20см-3,08%, общего азота – 0,13%, P_2O_5 – 263мг, K_2O _ 150 мг на 1кг почвы, гидролитическая кислотность – 5,37 мг-экв/100 г почвы, pH-5,75. Сумма выпавших осадков за вегетационный период 110–330 мм, сумма тепла 755–1250°С, среднесуточная температура 9,9–11,2°С, продолжительность вегетационного периода 76–111 дней.

В наших исследованиях при изучении баланса калия удобрений с использованием радиоизотопа ^{86}Rb (период полураспада 18,7 суток) установлено, что растениями рапса ярового при внесении калия 60 кг д.в. использовано 43,8%, осталось в почве к концу вегетации 28,0%, потери составили 23,2% (табл. 1).

Увеличение дозы калия (^{86}Rb) увеличивало усвоение калия рапсом яровым на 7,4%, снижало закрепление в почве на 7,5% и увеличивало потери на 5,1%. Сравнивая коэффициент использования калия при расчете разностным методом при дозе калия 120 кг д.в. и с использованием радиоизотопа ^{86}Rb получен показатель К на 17,7% больше. По всей видимости – это калий почвенных запасов. Другие исследователи в своих опытах на дерново-подзолистой почве отмечают, что калий удобрений существенно влиял на подвижность почвенного калия [3].

Таблица 1

Баланс калия (^{86}Rb) глеево-подзолистых почв при возделывании рапса ярового, % от внесенного (среднее за 2 года)

Вариант	Усвоено рапсом яровым	Осталось в почве (0–100 см)	Потери
$N_{120}P_{90}K_{60}$	43,8	28,0	23,2
$N_{120}P_{90}K_{120}$	51,2	20,5	28,3

Рассматривая потребление и распределение калия удобрений по органам рапса ярового нами установлено, что содержание этого элемента было различно в зависимости от органа,

дозы калия, температурных условий, вегетационного периода. В 1986 году самое высокое содержание калия отмечено в корнях рапса и составляло 48,2–-50,2% от всего калия обнаруженного в растениях (табл. 2).

Таблица 2

Распределение калия удобрений (^{86}Rb) по органам рапса ярового в зоне лесотундры, %

Вариант	Плоды и соцветия	Листья	Стебли	Корни	Активность всего растения
1 год					
$N_{120}P_{90}K_{60}$	16,6	15,7	17,5	50,2	100
$N_{120}P_{90}K_{120}$	17,2	16,2	18,4	48,2	100
2 год					
$N_{120}P_{90}K_{60}$	15,4	31,2	34,0	19,4	100
$N_{120}P_{90}K_{120}$	14,3	30,1	35,5	20,1	100

Увеличение дозы калия до 120 кг д.в. не сказывалось на накоплении калия в корнях.

Совершенно другая картина была в 1987 году, когда содержание калия было в 2,4–2,6 раза меньше чем в 1986 г.

При низких температурах в зоне корней увеличивается содержание питательных веществ в корнях и увеличивается в надземных органах [4].

Рассматривая температурные условия вегетационных периодов 1986 и 1987 гг. установлено, что в 1986 году среднесуточная температура воздуха была 10,2°С в то время, как в 1987 – 11,4°С, продолжительность периода с температурой выше 10°С в вегетационном периоде 1986 г. было 37 дней, а в 1987 – 79 дней.

Таблица 3

Динамика распределения калия удобрений по профилю почвы, % от внесенного (среднее за 2 года)

Вариант	Слой почвы, см					
	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	0–100
$N_{120}P_{90}K_{60}$	41,8	22,5	19,0	9,0	7,7	100
$N_{120}P_{90}K_{120}$	52,3	17,0	13,2	11,8	5,7	100

В связи с этим, по нашему мнению в более холодном 1986 году увеличилось содержание калия в корнях и уменьшилось в надземных органах, по сравнению с более теплым 1987 годом. Это согласуется, как уже отмечалось с выводами А.И.Коровина [4].

Как уже было отмечено с увеличением доз калия с 60 кг д.в. до 120 кг д.в. снижалось количество закрепленного в почве калия с 28,0 до 20,5% от внесенного. Рассматривая распределение калия в почве после уборки рапса установлено, что основная масса его найдена в слое почвы 0–40 см в зависимости от дозы 64,3–69,3% (табл. 3).

За пределы корнеобитаемого слоя (0–40 см) почвы было вымыто 30,7–35,7% калия, который почти не доступен для растений.

Таким образом, внесение калийных удобрений в возрастающих дозах (60–120 кг д.в.) приводит к увеличению усвоения калия рапсом яровым, снижению закрепления в почве и увеличению потерь калия. Основная часть калия 64,3–69,3% закрепляется в корнеобитаемом слое почвы (0–40 см).

Литература

1. Epstein E. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. New York: John Wiley and Sons, 1972.

2. Grim R.E. Clay Mineralogy. New York: Mc Grow – Hill, 1953.

3. Кораблева Л.И., Слуцкая Л.Д. Изменение содержания обменного калия в пойменных почвах различного механического состава в условиях интенсивного земледелия // Агрохимия. 1976. № 3. С. 42–47.

4. Коровин А.И. Роль температуры в минеральном питании рястений. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 283 с.

THE BALANCE OF POTASSIUM FERTILIZER (USING ^{86}RB) ON PERMAFROST SOILS

A.N. Tikhanovsky

All-Russian research Institute of veterinary entomology and arachnology, Yamal Department, Salekhard, severagro@yandex.ru

Summary. *The study of the potassium balance of fertilizers using radioisotope ^{86}Rb showed that the introduction of potash fertilizers on permafrost soils in increasing doses (60-120 kg d.) leads to an increase in the assimilation of potassium by plants, reduce the consolidation in the soil and increase the loss of potassium.*
Keywords: *potassium, permafrost soil, plant, rubidium 86.*

УДК 614.7

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА МЕГАПОЛИСОВ

О.В. Ушакова, М.А. Водянова

ФГБУ Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, lab.pochva@mail.ru

Аннотация. *Почва как один из составляющих компонентов окружающей среды, является наименее изученной с гигиенических позиций, так как ее влияние на здоровье человека в большей мере опосредовано. Однако она в наибольшей степени испытывает негативное антропогенное воздействие, такое как запечатывание (асфальтобетонные покрытия).*
Ключевые слова: *почва, запечатанные почвы, засоление.*

Интенсивно возрастающая антропогенная нагрузка на окружающую среду в условиях мегаполисов диктует необходимость поиска механизмов и критериев оценки их возможного негативного влияния на здоровье населения. Почва как один из составляющих компонентов окружающей среды, является наименее изученной с гигиенических позиций, так как ее влияние на здоровье человека в большей мере опосредовано. Однако она в наибольшей степени испытывает негативное антропогенное воздействие, такое как запечатывание (асфальтобетонные покрытия). В этих условиях при сохранности своего генезиса почвы теряют экологически важные функции: газообмен с атмосферой, регулирование температуры городов особенно в летнее время, направленность миграционных потоков загрязнителей, как по поверхности, так и по почвенному профилю и др. [1].

Почва является мощным аккумулятором токсикантов из таких первично-загрязняемых сред, как атмосферный воздух и вода открытых водоемов, которые фиксируются именно в почве. Однако почва не является такой изменчивой средой как атмосферный воздух или поверхностные воды. В связи с этим почвенный покров является наиболее информативным источником длительной во времени и разнообразной техногенной нагрузки на территорию.

Для городских почв крупных промышленных городов особенность накопления загрязняющих веществ состоит в том, что на небольших территориях сконцентрированы различные источники загрязнения (промышленные предприятия, транспорт, бытовые отходы), создаются условия для интенсивного поступления загрязняющих веществ в почву, часто гетерогенного и многокомпонентного состава [2].

Приоритетными химическими загрязнителями почв являются тяжелые металлы, источниками поступления которых в условиях городской среды являются, в первую очередь, автотранспорт, сжигание твердого и жидкого топлива, переработка и сжигание отходов. В связи с этим, в мире особое место занимают исследования по выявлению загрязнений территорий городов тяжелыми металлами, поскольку быстрое и требуемое по соображениям гигиенической и экологической безопасности естественное самоочищение почв от металлического загрязнения затруднено, а во многих случаях практически невозможно. Как известно, почвы в основном активно аккумулируют химические вещества, поступающие от техногенных источников, и в целом обладают слабой «самоочищающей» способностью, особенно в отношении тяжелых металлов.

В настоящее время специфика функционирования городских экосистем во многом определяется многочисленными и разнообразными процессами техногенной миграции элементов. Химическое загрязнение тяжелыми металлами, охватывающее все основные компоненты городских ландшафтов, приводит к значительным изменениям их эколого-геохимических характеристик и ухудшает качество среды обитания человека. Надежными индикаторами интенсивности техногеохимического давления выступают в первую очередь почвы [3].

Нормативная база, существующая в настоящее время в России не позволяет оценивать урбанизированные территории в полном объеме, многие методики оценки качества почв не

внесены в федеральный реестр и реестр природоохранных нормативных документов, как рекомендованные для целей практического контроля качества почв, в зависимости от типа их использования. Так же не существует методики позволяющей в полном объеме производить оценку почв, после переноса промышленных предприятий, что является актуальным в настоящее время для крупных мегаполисов. Недостаточная оценка состояние почв, может в дальнейшем оказать неблагоприятное воздействие на здоровье населения проживающего на территориях, отчужденных у промышленных предприятий. Именно поэтому в лаборатории была проведена работа по оценке качества почв и грунтов урбанизированных территорий в период с 2015 по 2017 г.

Исследованиями нами было охвачено 7 основных административных округовг.Москвы: ЦАО, ЮЗАО, ЗАО, ЮАО, САО, ЮВАО и ВАО. Отбор проб проводили с учетом проведенных ранее исследований, почвы были отобраны по функциональным зонам города с целью их санитарно-гигиенической, микробиологической оценки, изучения процессов самоочищения почв, в весенний, летний и осенний периоды.

Если в конце прошлого века А.И. Обухов с соавторами отмечали только признаки засоления городских почв Москвы, то в настоящее время можно констатировать, что засоление городских почв постоянно [6, 7]. Зачастую значительные концентрации солей, скопившиеся за зимний период на газонах, при массовом таянии снега увеличивают запасы легкорастворимых солей в корнеобитаемом слое. Рассоление почв за счет весенних осадков не наблюдается, соли лишь перераспределяются по профилю и при снижении осадков и иссушении почв подтягиваются с капиллярным током в корнеобитаемую зону и ведут к концентрированию легкорастворимых солей в верхних горизонтах почв.

Засоление почв подтвердила сезонная динамика запасов легкорастворимых солей в почвах по данным анализа вытяжки из водонасыщенных паст (таблица). В связи с отсутствием стандарта относительным контролем была природная дерново-подзолистая почва, отобранная в Солнечногорском районе Московской области (Чашниково), не подверженная антропогенному воздействию солевых противогололедных средств. Для отдельных объектов (6 точек) был проведен мониторинг по выбранным показателям, что позволило осуществить анализ сезонной динамики легкорастворимых солей в верхнем корнеобитаемом слое городских почв.

Динамика солевого состава водной вытяжки городских почв

Образцы		Ca^{2+}			SO_4^{2-}			K^+		
		весна	лето	осень	весна	лето	осень	весна	лето	осень
ГЗ 2	мг/кг	61	78	73	29	49	42	7	4	11
	мг-экв	3,05	3,87	3,62	0,59	1,01	0,87	0,17	0,09	0,27
ГЗ 25	мг/кг	78	80	78	61	56	49	5	4	2
	мг-экв	3,87	3,97	3,91	1,27	1,16	1,03	0,12	0,09	0,04
ГЗ 28	мг/кг	82	98	93	56	58	51	15	14	23
	мг-экв	4,07	4,89	4,64	1,16	1,22	1,06	0,38	0,37	0,59
ГЗ 36	мг/кг	61	73	71	49	44	43	3	2	4
	мг-экв	3,05	3,67	3,54	1,03	0,91	0,89	0,07	0,04	0,09
ГЗ 37	мг/кг	90	94	95	67	72	67	8	8	9
	мг-экв	4,48	4,68	4,72	1,40	1,49	1,38	0,20	0,22	0,24
ГЗ 38	мг/кг	65	86	78	44	58	47	3	2	2
	мг-экв	3,26	4,28	3,87	0,91	1,20	0,98	0,08	0,05	0,06

Отбор проб почв и их пробоподготовку для последующих исследований проводили в соответствии с ГОСТ [4, 5].

Все тестирования проводили в соответствии с утвержденными методическими нормативными документами.

Образцы были отобраны после полного схода снежного покрова, в начале вегетационного периода (май), в середине летнего периода (конец июля) и в конце вегетационного периода (последние числа сентября).

И хотя кислотно-щелочной показатель реакции среды во всех проанализированных образцах снизился в течение вегетационного периода, запасы легкорастворимых солей в почвах были весьма значительны. Засоление почв устойчиво сохранялось в течение года независимо от смены сезона. Об этом свидетельствует электропроводность почвенного раствора – уровень этого показателя во всех образцах возрос к осени.

Литература

1. Свиридова А.В. Совершенствование кадастровой оценки городских земель с учетом экологических факторов // Проблемы региональной экологии. 2007. № 6. С. 80–87.
2. Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Писарева А.В., Раскатова В.А. Экологическая оценка структуры микробиологического комплекса техногенно-трансформированных земель // Агрохимичекий вестник. 2016. № 3. С. 20–25.
3. W.Grzebisz Geochemical Assessment of Heavy Metals Pollution of Urban Soils / Grzebisz W., Cieśla L., Komisarek3 J., Potarzycki J. // Polish Journal of Environmental Studies. 2002. № 5. P. 493–499.
4. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. URL: http://lab.cntd.ru/eis (29.03.2016).
5. ГОСТ 17.4.3.01-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. URL: http://lab.cntd.ru/eis (29.03.2016).
6. Лепнева О.М., Обухов А.И. Экологические последствия влияния урбанизации на состояние почв Москвы // Экология и охрана окружающей среды Москвы и Московской области. 1990. № 2. С. 63–69.
7. Обухов А.И., Лепнева О.М. Экологические последствия применения противогололедных соединений на городских автомагистралях и меры по их устранению // Экологические исследования в Москве и Московской области. 1990. № 3. С. 197–202.

MODERN METHODS AND APPROACHES TO STUDY OF SOILS AND SOIL COVER OF MEGAPULES

O.V. Ushakova, M.A. Vodyanova

Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, lab.pochva@mail.ru

Summary. *Soil as one of the constituent components of the environment is the least studied from the hygienic standpoint, since its influence on human health is more mediated. However, it is most affected by negative anthropogenic influences, such as sealing (asphalt-concrete coatings).*

Keywords: *soil, sealed soils, salinity.*

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 3. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗОВ

Александрова А.Б., Иванов Д.В., Валиев В.С., Маланин В.В., Марасов А.А. КАДМИЙ, СВИНЕЦ, ЦИНК В ПОЧВАХ ЗЕРНОВЫХ ЦЕНОЗОВ БАССЕЙНА Р. КАЗАНКА 5
Ализаде А.М., Заманова А.П., Бабаев А.Г., Заманов П.Б., Байрамов Э.М., Намазов Э.Ш., Исмайылова И.З. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОГО КОМПОСТА НА ПОЧВЕННОЕ ПЛОДОРОДИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР В ГЕРАНБОЙСКИХ, САМУХСКИХ, КАХСКИХ, ШЕКИНСКИХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ АЗЕРБАЙДЖАН 9
Анциферова О.А. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ БУРОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ 12
Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А., Дороненко В.Д. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ 17
Банкина Т.А., Рижия Е.Я., Орлова Н.Е., Милосердова В.А., Груздева Ю.И. ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ЛАБИЛЬНОГО УГЛЕРОДА И МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ 21
Безуглова О.С., Горовцов А.В., Полиенко Е.А., Лыхман В.А. ПРИМЕНЕНИЕ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА В БАКОВОЙ СМЕСИ С ГЕРБИЦИДОМ НА ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ 26
Босак В.Н., Сачивко Т.В. РОЛЬ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ И УДОБРЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОБИОЦЕНОЗОВ 31
Бурдуковский М.Л., Киселева И.В., Перепелкина П.А., Кошелева Ю.А. САМОВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОСТАГРОГЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ 34
Гаевая Э.А. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ 38
Галеева Л.П. ПЛОДОРОДИЕ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ БАРАБЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ИХ ИЗ ПАШНИ В ЗАЛЕЖЬ 42
Гейдарова Р.Х., Алиева А.А. ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ЛУГОВО-ЛЕСНЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ 45
Горбунова Н.С., Куликова Е.В. ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ЧЕРНОЗЕМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ 48
Дамирова К.И. ВЛИЯНИЕ КОМПОСТА ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ МЕСТНЫХ ОТХОДОВ НА СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В РАСТЕНИЯХ 53
Добрянская С.Л., Шкитина А.С. ВЛИЯНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЭЛЕМЕНТЫ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО 56
Дюкарев А.Г. АГРОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ КАЧЕСТВА ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ 59
Заманов П.Б., Исмайлова С.Г., Векилова Э.М., Пашаев Р.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА – ВКЛАД В ОЗДОРОВЛЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 64
Зинковская Т.С., Зинковский В.Н., Сорокина В.А., Шахпаронян Л.А. ЗНАЧЕНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ (НА ПРИМЕРЕ КОМПОСТА МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ И АЗОТОВИТА) В БИОЛОГИЗИРОВННЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ 67
Иванова Н.С. ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ БИОМАССЫ РАСТЕНИЯМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМКАХ МИКРОУДОБРЕНИЯМИ АДОБ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ВЫСОКООКУЛЬТУРЕННОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ 70
Исаева Ф.Г. ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ВИНОГРАДА 74

Колесникова М.В., Черепухина И.В., Безлер Н.В. СОДЕРЖАНИЕ ЩЁЛОЧНОГИДРОЛИЗУЕМОГО АЗОТА В ПОЧВЕ И УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ ПОСЛЕ ЗАПАШКИ СОЛОМЫ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С МИКРОМИЦЕТОМ HUMICOLA FUSCOATRA 77
Кольцова Т.Г., Кулагина В.И., Грачев А.Н., Сунгатуллина Л.М. ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ ДРЕВЕСНОГО БИОУГЛЯ В СЕРУЮ ЛЕСНУЮ ПОЧВУ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРОХА ПОСЕВНОГО 81
Мамедов Г.М., Мамедбекова З.Б., Османов Р.И., Ибрагимли Р.Н. ВЛИЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА 85
Минакова О.А., Александрова Л.В., Подвигина Т.Н. ДИНАМИКА ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ (1936–2017 ГГ.) В СЕВООБОРОТЕ С САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ 89
Моторин А.С. ГРУППОВОЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОСУШАЕМОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ 94
Новиков А.А. ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ 98
Новицкая А.П., Новицкий М.Л. ХУРМА ВОСТОЧНАЯ (*DIOSPYROS KAKI* THUND) НА КОРИЧНЕВЫХ СКЕЛЕТНЫХ ПЛАНТАЖИРОВАННЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА 101
Опанасенко Н.Е., Евтушенко А.П. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЙОНИРОВАНИЯ КРЫМА ПОД ПЛОДОВЫЕ КУЛЬТУРЫ 105
Орёл Т.И. ОПТИМАЛЬНЫЕ ПОЧВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ШАЛФЕЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО В КРЫМУ 108
Орлова Н.Е., Орлова Е.Е., Банкина Т.А. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ БИОУГЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ НИЗКО ГУМУСИРОВАННЫХ ПОЧВ 113
Рамазанова Н.И., Гасанов Г.Н., Ахмедова З.Н., Шайхалова Ж.О., Гимбатова К.Б. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЦЕНОЗОВ НА КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ДАГЕСТАНА 116
Ратников А.Н., Арышева С.П., Свириденко Д.Г., Попова Г.И., Петров К.В. ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ 120
Русева А.С., Тищенко С.А. ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ КАРБОНАТНЫХ ПРИ РАЗВИТИИ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ 125
Рустамова Э.Э. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ СЕРО-ЛУГОВОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ СОРГО 129
Самбуу А.Д. ДИНАМИКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В СУХИХ СТЕПЯХ УБСУНУРСКОЙ КОТЛОВИНЫ 132
Сорокина О.А. ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СУКЦЕССИИ И ДИНАМИКА ПЛОДОРОДИЯ СЕРЫХ ПОЧВ В ПОСТАГРОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ 137
Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Манохина А.А., Васякин В.В. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ ТОПИНАМБУРА В КАРТОФЕЛЬНОМ СЕВООБОРОТЕ 142
Стахурлова Л.Д., Стулин А.Ф. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ С КУКУРУЗОЙ 145
Сумская М.А., Безлер Н.В. ВЛИЯНИЕ ЧЕРЕДОВАНИЯ КУЛЬТУР НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРОМИЦЕТОВ В РИЗОСФЕРЕ И ПАХОТНОМ ГОРИЗОНТЕ 149
Талиби С.М. СОВРЕМЕННОЕ ЭКОМЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛУГОВО-СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ ШИРВАНСКОЙ СТЕПИ АЗЕРБАЙДЖАНА 152
Талыбова С.Т., Ахмедова А.Ф. ВЛИЯНИЕ КОМПОСТОВ НА ДИНАМИКУ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ ПОД КУЛЬТУРАМИ САХАРНАЯ СВЕКЛА И СОЯ 155
Телеснина В.М. ДИНАМИКА СВОЙСТВ ПОЧВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ В ХОДЕ ПОСТАГРОГЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 159
Турин Е.Н., Женченко К.Г., Гонгало А.А. ИЗУЧЕНИЕ ДВУХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТЕПИ КРЫМА 164

Черепухина И.В., Безлер И.В. ЗАПАШКА СОЛОМЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ КАК СПОСОБ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ 168
Ширинова Ш.М., Гасымов Е.М., Курбанов В.Р. ВЛИЯНИЕ ОСАДКОВ ПРИРОДНЫХ ВОД НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННО РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА 172
Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. ЧЕРНОЗЕМЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ: ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА 175
Якименко В.Н. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ 180
Якутина О.П., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В. СТРУКТУРА УРОЖАЯ И СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ 185

Секция 4. ПОЧВЕННО-ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Гюлалыев Ч.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЧВ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 0,4–10,0 МГЦ 191
Джафаров А.М., Герайзаде А.П., Кочарли С.А. К ПРОБЛЕМЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА 195
Доброхотов С.А., Адимале Ф., Ефремова М.А. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И ИХ ПОСТУПЛЕНИЕ В ПРОДУКЦИЮ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР 199
Зайцева Р.И., Чумакова В.В., Володин А.Б., Кравцов В.В., Чумаков В.Ф., Лебедева Н.С. ОЦЕНКА СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ ПРОРОСТКОВ ОДНОЛЕТНИХ И МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ПРИ ХЛОРИДНО-СУЛЬФАТНОМ ХИМИЗМЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ЗАСОЛЕННОГО ОБЫКНОВЕННОГО ЧЕРНОЗЁМА 204
Касимов Н.С., Семенков И.Н., Асеева Е.Н., Самонова О.А., Енчилик П.Р., Иовчева А.Д., Терская Е.В. СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn и Zr В ПОЧВАХ ЮЖНОТАЕЖНОЙ КАТЕНЫ НА ДВУЧЛЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОГО ЗАПОВЕДНИКА 207
Козлов А.В., Куликова А.Х. ВЛИЯНИЕ ДИАТОМИТА НА СОСТАВ ПОЧВЕННО-ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 211
Копысов С.Г., Пеньков Н.А. ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОЧВ КАК ИНДИКАТОР ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКОСИСТЕМ 214
Косякин П.А., Боронтов О.К., Манаенкова Е.Н. ВЛИЯНИЕ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В ПЛОДОСМЕННОМ СЕВООБОРОТЕ ЦЧР 218
Кравцов Ю.В. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИШИМСКОЙ СТЕПИ 221
Кудряшова С.Я., Чумбаев А.С., Пестунов И.А., Безбородова А.Н., Курбатская С.С., Рылов С.А., Синявский Ю.Н., Курбатская С.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОГО АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ 226
Кулик Н.Ф. ТЕРМОГРАДИЕНТНЫЙ ПЕРЕНОС ВЛАГИ В ПОЧВЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТЕНИЯМИ 230
Мамедова Э.М. ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЛЕНКОРАНСКОЙ ЗОНЫ 235
Манафова А.М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ, ПЛОТНОСТИ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ МУГАНСКОЙ СТЕПИ 239
Наумова Л.Б., Соколова И.В., Горленко Н.П. СТРУКТУРНО-ГРУППОВОЙ СОСТАВ ГУМУСА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ 243
Никонова Л.Г., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Жмурин В.А., Головацкая Е.А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ-ТОРФООБРАЗОВАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА 247

Пономарев Е.И., Пономарева Т.В. ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕПЛОВЫХ АНОМАЛИЙ И СЕЗОННОГО ПРОТАИВАНИЯ ПОЧВ В КРИОЛИТОЗОНЕ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ 252
Решоткин О.В. ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА 258
Садыхов Ф.А. ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БОЛЬШОГО КАВКАЗА 262
Салихов Ш.К., Гасанов Г.Н., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р. УСКОРЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПОЛЕВОЙ ВЛАГОЕМКОСТИ ПОЧВ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ СРЕДНЕГОРЬЯ ДАГЕСТАНА 266
Старцев В.В., Хайдапова Д.Д., Дымов А.А. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА 270
Тулина А.С., Головацкая Е.А., Лученок Л.Н. ОЦЕНКА ОТКЛИКА МИНЕРАЛИЗУЕМОГО ПУЛА ТОРФОВ И ТОРФЯНЫХ ПОЧВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ 275
Шапорина Н.А., Чичулин А.В. ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ПРЕДСАЛАИРЬЯ 280

Секция 5. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ

Абакумов Е.В., Першина Е.А., Иванова Е.А., Андронов Е.Е. МИКРОБИОМ ПОЧВ КАРЬЕРНО-ОТВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЯМАЛА 287
Акимова Н.Ф. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ И НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННЫХ ЗЕМЕЛЬ АБШЕРОНА 290
Андроханов В.А., Артамонова В.С. РАЗВИТЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В СИБИРИ 294
Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. ПРИКЛАДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ПОЧВ 298
Березин А.Е., Паршина Н.В. ЩАДЯЩИЕ МЕТОДЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ 303
Гненная Н.В., Хмелевцова Л.Е., Селиверстова Е.Ю., Ажогина Т.Н., Сазыкин И.С., Сазыкина М.А. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ГЕНАМИ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ 308
Двуреченский В.Г., Середина В.П. ПЕТРОГРАФИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГА КУЗБАССА 310
Девятова А.Ю., Соколов Д.А., Госсен И.Н., Соколова Н.А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГОРЛОВСКОГО АНТРАЦИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛ.) НА СОСТОЯНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ 315
Капелькина Л.П., Качубей А.А. ОСВОЕНИЕ НЕДР СИБИРИ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ 321
Кахраманова Т.Б. ВЛИЯНИЕ СЫРОЙ НЕФТИ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ВЕЧНОЗЕЛЁННЫХ ДЕРЕВЬЕВ 326
Кулиев А.Г., Бахшиева Ч.Т. ТОКСИЧНОСТЬ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ 329
Липатов Д.Н. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ НА НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ О. САХАЛИН 333
Опанасенко Н.Е., Новицкий М.Л. ПОЧВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СПОСОБЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ СУЛЬФИДНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ШАХТНЫХ ОТВАЛОВ ДЛЯ ИХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ 336
Подурец О.И. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЗЕМОВ КУЗНЕЦКОЙ КРЕПОСТНОЙ ГОРЫ 338
Полохин О.В. СОСТОЯНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ 342

Соколова Н.А., Соколов Д.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ 345
Тагивердиев С.С., Безуглова О.С., Горбов С.Н., Титаренко В.С. СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ УРБОПОЧВ ГОРОДА РОСТОВ-НА-ДОНУ 350
Шуклина А.Е., Соколова Н.А., Худяков С.Е., Госсен И.Н., Соколов Д.А. ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ГОРЛОВСКОГО АНТРАЦИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ 353

Секция 6. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Андреева В.Л. ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ, ВЫПОЛНЕННАЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА 361
Бауэр Т.В., Минкина Т.М., Пинский Д.Л., Манджиева С.С. ОСОБЕННОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПОЧВАМИ СТЕПНОЙ ЗОНЫ В УСЛОВИЯХ МОНО- И ПОЛИЭЛЕМЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ 366
Гранина Н.И. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ 371
Ковалевская О.М., Ефимова И.А. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АГРОПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СВОЙСТВ ПОЧВ 375
Каширо М.А., Синюткина А.А., Гашкова Л.П. ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЪЕМКИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСОБОЛОТНЫХ ЭКОТОНОВ 380
Кленов Б.М. НЕТРАДИЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЕМКОСТИ КАТИОННОГО ОБМЕНА ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ 385
Кононцева Е.В., Хлуденцов Ж.Г. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВ АГРОГЕННЫХ ПОЧВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ 390
Королев В.А., Громовик А.И. ОСОБЕННОСТИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПЕРЕВОДНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ УГЛЕРОДА НА ГУМУС В ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ ОКСКО-ДОНСКОЙ РАВНИНЫ 395
Кузьмин Е.А., Кузьмин А.Е., Полозов П.Д. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОЙ ПОРИСТОСТИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ 399
Матыченков Д.В., Азаренок Т.Н., Шульгина С.В., Шибут Л.И., Матыченкова О.В., Дыдышко С.В. ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПО КРУПНОМАСШТАБНЫМ ПОЧВЕННЫМ КАРТАМ РАЗЛИЧНЫХ ТУРОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ 401
Минкина Т.М., Невидомская Д.Г., Бауэр Т.В., Шуваева В.А., Цицуашвили В.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВИДООБРАЗОВАНИЯ Zn В ПОЧВАХ ПРИ ТЕХНОГЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ 405
Пономарева Т.В. ОЦЕНКА СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ОСНОВЕ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В ТЕПЛОВОМ ДИАПАЗОНЕ 410
Самойлова Е.А., Лопатовская О.Г. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ КУДИНСКО ДЕПРЕССИИ (ПРЕДБАЙКАЛЬЕ) 414
Сбитнев А.В., Водянова М.А., Ахальцева Л.В. ПРИОРИТЕТНЫЕ ВИДЫ ТЕСТ-РАСТЕНИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПО ИЗУЧЕНИЮ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ И РАЗЛИЧНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ 418
Синюткина А.А., Гашкова Л.П., Каширо М.А. ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЛЕСОБОЛОТНЫХ ЭКОТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ 423
Соколова И.В., Кудлацкая А.А., Наумова Л.Б., Слижов Ю.Г. СПЕКТРЫ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ГЕНЕЗИСОМ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ 427

Сулейманов Н.Р., Аббасова Р.Я. ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОПРОВОДНОСТИ ПОЧВЕННОЙ СРЕДЫ СО СМЕШАННОЙ СТРУКТУРОЙ 430
Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф. ТИПОЛОГИЯ АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ СПП 434
Тарчоков Х.Ш. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ГЕРБИЦИДОВ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В АГРОЦЕНОЗАХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ 439
Тихановский А.Н. БАЛАНС КАЛИЯ УДОБРЕНИЙ (С ПРИМЕНЕНИЕМ ^{86}RB) НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ПОЧВАХ 446
Ушакова О.В., Водянова М.А. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА МЕГАПОЛИСОВ 449

Научное издание

ПОЧВЫ В БИОСФЕРЕ

Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН

10–14 сентября 2018 г., г. Новосибирск

ЧАСТЬ II

Издание подготовлено в авторской редакции

Подписано к печати 17.08.2018 г. Формат 60×84 1/8.
Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.
Усл. печ. л. 53,2.
Тираж 250 экз. Заказ № 3332.

Отпечатано на оборудовании
Издательского Дома
Томского государственного университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Тел. 8(382-2)-52-98-49
Сайт: http://publish.tsu.ru; E-mail: rio.tsu@mail.ru