ISSN 1561-1124

МАТЕРИАЛЫ

ПО

ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ

ВЫПУСК 6 (33)

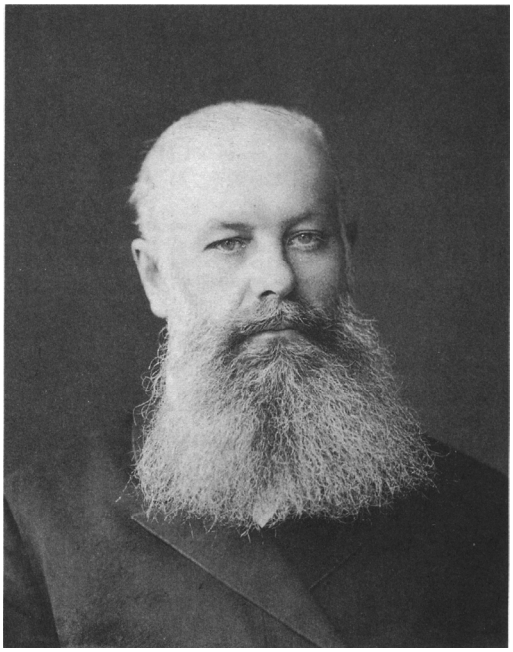
Издательство Санкт-Петербургского университета
2009

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ ПОЧВ
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ ПОЧВОВЕДЕНИЯ ИМ. В.В.ДОКУЧАЕВА

МАТЕРИАЛЫ
ПО ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ

ВЫПУСК 6 (33)

Издание основано в 1885 г.
А.В. Советовым и В.В. Докучаевым



Издательство С.-Петербургского университета
2009

УДК 631.4 + 577.34
ББК 40.3
М34

Редакционная коллегия: *И.А. Горлинский* (председатель), *Б.Ф. Апарин* (зам. председателя), *Э.И. Гагарина*, *Н.Н. Матинян*, *А.И. Попов*, *А.Г. Рюмин*, *С.Н. Чуков*

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Биолого-почвенного факультета
Санкт-Петербургского государственного университета

Материалы по изучению русских почв. Вып. 6 (33): Сб. науч. докл. / Под ред.
М34 Б.Ф. Апарина.– СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2009. – 152 с.

В очередном, шестом, выпуске «Материалов по изучению русских почв» (вып. 5 (32) вышел в 2004 г.) представлены доклады XII Докучаевских молодежных чтений на тему «Почвы и продовольственная безопасность России» (2–6 марта 2009 г) и статьи студентов, подготовленные по материалам магистерских диссертаций, защищенных на кафедре почвоведения и экологии почв в 2009 г.

Материалы посвящены важнейшим проблемам почвоведения: сохранению и повышению плодородия почв, рациональному использованию почвенных ресурсов страны, деградации почв, исследованию экологических функций почв.

Работы представляют интерес для широкого круга ученых, работающих в области почвоведения, экологии, агрохимии, биологии и сельского хозяйства.

ББК 40.3

РФФИ
Материалы опубликованы при поддержке РФФИ (грант №09-04-06011)

© Биолого-почвенный
факультет СПбГУ, 2009
© Авторы, 2009

ДОКУЧАЕВСКИЕ МОЛОДЕЖНЫЕ ЧТЕНИЯ 2009

XII Докучаевские молодежные чтения проходили на кафедре почвоведения и экологии почв СПбГУ и Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева (ЦМП) со 2 по 6 марта 2009 г.

Подготовка и организация конференции осуществлялась аспирантами Т.А. Константиновой и А.Г. Рюминым при активном участии студентов: П. Гурина, Л. Багаутдиновой, Е. Крохиной, Е. Грицук. Куратором чтений был старший преподаватель кафедры почвоведения и экологии почв Е.В. Абакумов.

Конференция прошла при поддержке РФФИ (грант №09-04-06011) и Фонда сохранения и развития научного наследия им. В.В. Докучаева.

Тема конференции «Почвы и продовольственная безопасность России» вызвала живой интерес участников. В оргкомитет конференции поступило более 200 заявок на участие в Чтениях от студентов, аспирантов, молодых ученых из 27 ВУЗов и 17 научно-исследовательских институтов России и ближнего зарубежья. В их числе: Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия, Мичуринский государственный аграрный университет, Оренбургский государственный педагогический университет, Нижневартовский государственный гуманитарный университет, Томский государственный университет, Калининградский государственный технический университет, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл), Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского Научного Центра РАН (Апатиты), ФГНУ Институт прикладной экологии Севера (Якутск), ГосНИИ Почвоведения и агрохимии (Ташкент), НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова (Алматы), Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси (Минск) и др. Это свидетельствует об устойчивом интересе студентов и молодых ученых к Докучаевским чтениям.

Торжественное открытие XII Докучаевских чтений состоялось 3 марта. По традиции, оно проходило в Актовом зале Санкт-Петербургского государственного университета, где в 1883 году В.В. Докучаев с блеском защитил докторскую диссертацию «Русский чернозем», признанную потомками за рождение новой науки.

Открыл заседание председатель оргкомитета заведующий кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ, директор ЦМП им. В.В. Докучаева, профессор Б.Ф. Апарин. С приветственным словом к многочисленным участникам конференции обратились: первый проректор по учебной и научной работе СПбГУ, декан биолого-почвенного факультета, профессор И.А. Горлинский; Академик-секретарь отделения земледелия Россельхозакадемии А.А. Завалин (г. Москва); директор Почвенного института им. В.В. Докучаева, д.с.-х.н. Н.Б. Хитров (г. Москва).

Затем были заслушаны заказные доклады ведущих ученых России.

Доклад заведующего лабораторией Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН, академика РАЕН, профессора, д.б.н. М.И. Дергачевой «Гумусовая память почв» был посвящен органическому веществу почвы, его роли в поддержании плодородия почв и обеспечению устойчивости почв к внешним воздействиям. Доклад профессора Б.Ф. Апарина «Агроэкологический потенциал почв» был связан с методологией оценки комплексного агроэкологического потенциала почв.

Н.Б. Хитров сделал обзорный и очень емкий доклад «Задачи почвоведения в связи с проблемой обеспечения продовольственной безопасности страны».

За три полных дня заседаний на пяти секциях было заслушано около 70 докладов участников Чтений. В них были освещены проблемы деградации и трансформации почв под воздействием антропогенной нагрузки, сохранения почв и почвенного покрова от истощения, разрушения, неограниченного использования, рассмотрены методы рекультивации и вопросы оценки почв при проведении экологических изысканий. Особое внимание

было уделено вопросам почвенного разнообразия и плодородия, как основы обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации.

На школьной секции было представлено 17 докладов по почвоведению и общим вопросам экологии. По сравнению с предыдущими чтениями расширилось количество школ и городов-участников школьной секции. Так, в этом году на секции выступали школьники не только Санкт-Петербурга, но и Приморска, Черняховска, Уфы. Это ярко свидетельствует о живом интересе школьников к проблемам защиты Земли, сохранения почв и почвенного покрова. Школьную секцию курировали доцент, к.с-х.н. М.А. Надпорожская и к.с.-х.н. Е.И. Федорос.

Для участников XII Докучаевских чтений в ЦМП им. В.В. Докучаева состоялась презентация фотовыставок «Плоды земные», «По маршрутам Докучаева» (автор – Н. Кармазин), выставки-инсталляции «Terra incognita» (автор – В. Григ), экспозиции «Почвы Алтая», выставки эмблем-победителей конкурса экологического проекта среди школьников Фрунзенского района г. Санкт-Петербурга «Почва у нас под ногами».

На пленарном заседании XII Докучаевских молодежных чтений были даны рекомендации для публикования лучших докладов в очередном периодическом издании СПбГУ «Материалы по изучению русских почв».

Участники конференции единогласно приняли Обращение к Президенту Российской Федерации Дмитрию Анатольевичу Медведеву.

Обращение

Глубокоуважаемый Дмитрий Анатольевич!

Мы, участники конференции: студенты, аспиранты, молодые ученые из Санкт-Петербурга, Москвы, Астрахани, Казани, Иркутска, Белгорода, Новосибирска, Оренбурга, Сыктывкара, Калининграда, Нижневартовска, Уфы, Апатит и Костромы, обеспокоенные обострением продовольственной проблемы, обращаемся к Вам с просьбой ускорить принятие:

– Концепции продовольственной безопасности России;
– Федерального закона о почве.

Мы убеждены, что наша страна с ее богатыми почвенными ресурсами, традициями отечественного земледелия, корнями уходящими в далекое прошлое, в состоянии обеспечить население собственным продовольствием высокого качества и гарантировать тем самым продовольственный суверенитет России.

Мы считаем, что необходимым условием обеспечения продовольственной безопасности является приостановление деградации пахотных земель, принявшей в последние десятилетия угрожающие масштабы. Повсеместно происходит истощение почв, потеря гумуса, разрушение почвенной структуры, эрозия и другие формы ухудшения плодородия почв. На «больных» почвах нельзя обеспечить продовольственную безопасность России. Идет ни чем не оправданное изъятие пахотных земель под не сельскохозяйственное использование. Принятие Федерального закона о почвах послужит гарантом сохранения этого уникального природного ресурса, с которым связано настоящее и будущее нашей страны.

Осознавая ответственность за свою судьбу и судьбу будущих поколений, мы выражаем готовность участвовать в решении проблем, стоящих перед нашей страной».

УДК 631.4

ПОЧВЫ ОЗЕРНОЙ КОТЛОВИНЫ оз. БЕЛЕ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

Б.Ф. Апарин[1], Т.А. Новокрещенных[2], Е.Ю. Сухачева[1]

[1]Санкт-Петербургский Государственный Университет, ЦМП им. В.В. Докучаева

[2]Томский государственный университет

Исследованы особенности почвенного покрова, морфологическое строение и свойства почв в окрестностях озера Беле. Выявлено, что распространение почв в районе озера подчиняется закону кольцевой зональности с высокой комплексностью почвенного покрова. По морфологии и свойствам почвы озера Беле очень разнообразны, что обусловлено специфическими условиями рельефа, а также неоднородностью почвообразующих пород.

Степная зона Хакасии характеризуется наличием множества озер разной степени минерализации. Только на территории Ширинского района учтено около 100 крупных и малых бессточных озер с площадью поверхности более 1 га [1]. Крупнейшим из них является озеро Беле с акваторией 7.7 тыс. га. Являясь динамичным образованиям, озеро оказывает разностороннее влияние на развитие окружающих ландшафтов, что находит прямое отражение в строении современного почвенного покрова [2].

Рельеф рассматриваемой территории весьма своеобразен, гряды невысоких холмов и сопок чередуются с обширными равнинными пространствами. Холмистые гряды, разделяющие озерные котловины образуют куэстово-грядовый рельеф с абсолютными высотами 500–600м и сложены наклонно залегающими слоями осадочных пород. В целом сочетание сопок, хребтов, разъединенных между собой иногда седловинными понижениями, всхолмленных равнин и приозерных понижений создает довольно сложную картину строения поверхности. Ряд сопок Чулымо-Енисейской впадины, иногда группирующихся в мелкие хребты (гора Чалпан у озера Беле), создают резко всхолмленный характер местности.

Современный климат характеризуется резкой континентальностью. Из неблагоприятных явлений погоды в теплый период года отмечается сильный ветер, пыльные бури, суховеи; в зимний период – метель, гололед, температуры ниже –20 °С, при бесснежье и снеге 0–10см; в весенне-осенний период – заморозки [5].

Широко распространены каменистые степи по южным склонам с неразвитым почвенным покровом, для понижений приозерных котловин характерны солончаковые болота, различные солончаковые луга, на более сухих повышенных местообитаниях постепенно переходящие в солонцеватые степи. Значительную часть рассматриваемой территории занимают мелкодерновинные и крупнодерновинные степи [6].

На рассматриваемой территории можно выделить следующие почвообразующие породы: палевые лессовидные суглинки; коричнево-бурые глины и суглинки с галькой; водораздельные древнеаллювиальные пески и галечники; элювио-делювий красноцветных пород, содержащих хлориды и сульфаты; элювио-делювий карбонатных пород; древнеаллювиальные и озерно-болотные глины и суглинки [4]. Сопки и хребты, обычно имеют щебнистые материнские породы, сменяющиеся рыхлым делювием на пологих склонах. Всхолмленные равнины преимущественно покрыты глинами и суглинками, реже более легкими породами [3].

Характерная особенность почвенного покрова в окрестностях озера Беле – высокая комплексность [9]. Основными факторами, определяющими развитие мезоструктур, является мезорельеф и его элементы (водоразделы, склоны, крутизна склонов, их форма), глубина залегания и характер коренных плотных пород. Почвенные структуры представлены

Исследовательская работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 09-04-90807моб-ст

© Б.Ф. Апарин, Т.А. Новокрещенных, Е.Ю. Сухачева, 2009

сочетаниями черноземов южных и обыкновенных, с незначительным участием каштановых почв. Границы между отдельными почвенными комбинациями слабо выражены и проходят по характерным перегибам склонов. Межсопочные понижения заняты сочетаниями черноземов южных среднемощных с каштановыми остаточно-карбонатными и лугово-черноземными карбонатными среднемощными почвами; либо черноземами обыкновенными карбонатными мощными и лугово-черноземными мощными остаточно-карбонатными почвами. На северных и северо-восточных склонах встречаются сочетания неполноразвитых карбонатных супесчаных либо суглинистых почв с черноземами южными карбонатными (остаточно-карбонатными) среднемощными, с черноземами обыкновенными среднемощными среднесуглинистыми, а также с каштановыми карбонатными легкосуглинистыми почвами. Микроструктуры представлены почвенными комплексами и пятнистостями, обусловленными в своем образовании, как микрорельефом, так и пестротой почвообразующих пород. Например, в приозерных понижениях наблюдаются комплексы гидроморфных солончаков с аллювиально-луговыми карбонатными и лугово-каштановыми карбонатными почвами. Для почвенного покрова рассматриваемой территории характерна зонированная кольцевая структура. Так по периферии озера распространены гидроморфные солончаки, переходящие затем в аллювиально-луговые карбонатные почвы и, наконец, в обыкновенные и южные черноземы, занимающие плакорные позиции. Южные черноземы, как правило, занимают северные и северо-восточные склоны, в то время как обыкновенные – южные склоны. Темно-каштановые встречаются на незначительной площади под более ксероморфной, по сравнению с черноземами, растительностью. В западинах и микропонижениях формируются лугово-черноземные почвы. Большинство почв характеризуется щебнистостью профиля. Важным диагностическим признаком рассматриваемых почв является уровень залегания карбонатов. Морфологически карбонаты проявляются в виде пропитки, псевдомицелия и в редких случаях в виде белоглазки. Почвы вскипают с поверхности либо в нижней части горизонта АВ. Характерной особенностью почв рассматриваемой территории является наличие в профиле легкорастворимых солей, приуроченных к разной глубине в зависимости от типа почв.

Ниже рассмотрены физико-химические и физические свойства некоторых почв котловины озера (названия почв даны в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России», 2004).

Одним из основных свойств почв является содержание гумуса. Распределение гумуса носит, как правило, аккумулятивный характер (табл. 1). По содержанию гумуса темногумусовые почвы можно отнести к сильно гумусированным (6 %). Основная масса органического углерода приурочена к верхней толще профиля с последующим падением данной величины с глубиной.

Светлогумусовые почвы также как и темногумусовые имеют максимум накопления гумуса в гумусовоаккумулятивном горизонте. Следует отметить, что для них характерно более низкое содержание гумуса (4.46) по сравнению с темногумусовыми, очевидно, это можно объяснить несколько меньшими значениями илистой фракции, которая является непосредственным показателем гумусной природы почв.

Распределение гумуса в глеевых солончаках носит не равнозначный характер, из всех рассматриваемых почв данный тип является наименее гумусированным, причем некоторое накопление гумуса отмечается на глубине 30–50 см до 1.14 %, хотя в поверхностных горизонтах его содержание не превышает 0.4–0.6 %. Данное явление, по мнению Е.В. Каллас [10] можно объяснить, только полигенезисом этой почвы, связанном с пульсацией уровня зеркала воды в результате циклических колебаний климата. Пониженным содержанием гумуса характеризуются и пелоземы гумусовые засоленные гидрометаморфические, где величина гумуса в горизонте W составляет всего 1.94 %, с довольно резким его падением с глубиной, низкую долю гумуса можно объяснить преобладанием фракций песка (19–33 %) в гранулометрическом составе данной почвы.

Таблица 1. Физико-химические свойства исследуемых почв.

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	CO_2, %	Ca^{2+}	Mg^{2+}	pH водн.
				мг-экв / 100г почвы		
Разрез 1 – Солончак глеевый типичный хлоридно-сульфатный очень слабо гумусированный супесчаный						
Sca	0–1	0.4	18.68	19.0	12.0	6.64
Sca	1–7	0.41	17.72	12.8	6.8	6.92
G1sca	11–21	0.67	15.79	41.8	7.4	6.86
G2sca	26–36	1.14	12.48	25.0	10.0	7.47
Csgca	40–50	1.01	18.18	29.0	8.8	7.34
Csgca	80–90	0.39	17.03	18.2	7.6	7.97
Разрез 2 – Пелозем гумусовый засоленный гидрометаморфический крайне мелкий малогумусированный легкосуглинистый						
W	0–7	1.94	16.80	14.6	6.4	7.50
Csca	10–20	0.81	16.66	17.8	9.0	8.29
Csca	26–36	0.55	16.75	15.0	10.2	8.68
Cscaq	60–70	0.15	15.74	14.0	9.0	8.73
Cscaq	90–100	не опр	14.87	12.0	9.8	8.34
Cscaq	150–160	не опр	15.15	12.8	9.8	8.27
Q	170–173	не опр	26.16	11.4	8.0	8.35
Разрез 14 – Темногумусовая остаточно-карбонатная гидрометаморфизованная мелкая сильно гумусированная легкосуглинистая						
AUca	0–4	6.08	11.43	25.2	6.4	7.66
AUca	5–15	4.62	11.02	24.2	9.2	7.71
ACca	25–35	3.11	14.14	17.0	15.6	8.07
ACca	55–65	1.36	16.29	12.6	15.8	8.33
Ccaq	76–86	0.77	15.97	11.8	12.6	8.22
Ccaq	130–140	0.51	15.61	14.0	14.0	8.25
Cca	154–164	0.45	14.92	11.8	11.4	8.16
Разрез 34 – Светлогумусовая гидрометаморфизованная карбонатсодержащая крайне мелкая средне гумусированная среднесуглинистая						
AJca	0–7	4.46	12.30	19.2	8.0	7.65
AJca	9–19	2.81	15.06	17.2	18.0	7.78
ABca	27–37	1.19	16.07	18.2	13.6	7.84
BQca	50–60	0.65	16.52	16.2	13.0	8.25
Q	80–90	0.62	12.71	21.2	13.8	8.22
Q	105–115	0.47	11.93	18.2	15.6	8.21
Q	128–138	не опр	11.48	9.4	12.6	8.30
Q	140–146	не опр	13.27	10.8	13.6	8.13

В почвенном поглощающем комплексе рассматриваемых почв в основном преобладает кальций. Хотя в темногумусовых и светлогумусовых почвах возрастает доля магния при приближении к почвообразующей породе, где количество магния превышает кальций почти в 1.3–4.0 раза.

Содержание и распределение карбонатов в рассматриваемых почвах носит различный характер (табл. 1). В темногумусовых почвах максимум карбоната кальция приурочен к горизонту ACca. В светлогумусовых почвах наблюдается два – три максимума в распределении карбонатов приуроченные к разной глубине, такое поведение можно объяснить специфическим генезисом данных почв, прошедших несколько стадий гидроморфизма в своем

развитии. Глеевые солончаки и пелоземы гумусовые засоленные гидрометаморфические характеризуются довольно-таки высоким содержанием карбонатов, достигая 12–18 % в солончаках и 14–26 % в пелоземах. Такое повышенное значение можно объяснить высокой карбонатностью почвообразующих пород, а также следствием водного режима почв, в результате которого происходит подтягивание карбонатов из минерализованных вод озера Беле.

Как известно, реакция почвенного раствора находится в тесной зависимости с содержанием карбонатов в почвенном профиле, поэтому можно отметить, что для всех без исключения почв характерна слабощелочная реакция среды нижней части профиля и нейтральная либо слабощелочная в гумусово-аккумулятивных горизонтах.

Глеевые солончаки, формирующиеся по периферии озера Беле испытывают непосредственное влияние минерализованных грунтовых вод и относятся к сильнозасоленным почвам.

Анализ водной вытяжки показал (табл. 2), что в профиле этих почв преобладают сульфаты и хлориды, величина сухого остатка находится в пределах 0.59–2.28 %, максимум накопления солей приурочен к верхнему горизонту, что объясняется подтягиванием солей в результате выпотного водного режима. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Пелоземы гумусовые засоленные гидрометаморфические, находящиеся в некотором удалении от солончаков и формирующиеся на более повышенных участках рельефа, являются слабозасоленными. Причем необходимо отметить, что верхняя 70 см толща этих почв практически не засолена. Максимум солей в этих почвах приурочен к глубине 26–36 см, величина сухого остатка колеблется от 0.12 до 0.35 %. Тип засоления практически во всех горизонтах сульфатный с участием соды.

Таблица 2. Химический состав водной вытяжки почв.

Горизонт	Глубина, см	HCO^{3-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	Cl/SO_4	Сухой остаток, %
		мг-экв/100 г							
Разрез 1 – Солончак глеевый типичный хлоридно-сульфатный очень слабо гумусированный супесчаный									
Sca	0–1	0.90	5.70	10.65	4.82	3.80	9.21	0.54	2.28
Sca	1–7	0.65	3.67	11.12	1.06	1.14	13.24	0.33	1.03
G1sca	11–21	0.61	2.00	9.64	2.87	1.77	7.83	0.21	1.00
G2sca	26–36	1.16	2.44	9.47	1.78	1.54	10.07	0.26	0.99
Csgca	40–50	0.93	2.43	9.35	2.22	1.20	9.55	0.26	0.99
Csgca	80–90	1.12	1.85	7.22	0.75	0.67	9.05	0.26	0.59
Разрез 2 – Пелозем гумусовый засоленный гидрометаморфический крайне мелкий малогумусированный легкосуглинистый									
W	0–7	1.18	0.36	2.50	0.76	0.36	2.99	0.15	0.13
Csca	10–20	1.57	0.40	1.00	0.60	0.36	2.11	0.40	0.24
Csca	26–36	2.58	0.29	4.60	0.81	0.33	6.53	0.06	0.25
Cscaq	60–70	2.58	0.33	2.40	0.60	0.50	4.46	0.14	0.28
Cscaq	90–100	1.38	0.34	3.44	0.51	0.51	4.25	0.10	0.35
Cscaq	150–160	1.17	0.40	4.08	0.47	0.43	4.84	0.10	0.32
Q	170–173	1.14	0.36	3.06	0.48	0.32	3.82	0.12	0.22

В автоморфных почвах с относительно легким гранулометрическим составом происходит вынос легкорастворимых солей за счет редкого, но глубокого промачивания почвенной толщи во влажные годы.

Облегченный гранулометрический состав и защебненность профиля препятствуют подтягиванию солей в поверхностные горизонты, поэтому автоморфные почвы, как правило, не засолены. Величина сухого остатка в них не превышает 0.19 %.

Гранулометрический состав изученных почв довольно разнообразен (табл. 3). Темногумусовые почвы характеризуются легкоглинистым составом. Преобладающими фракциями являются песчаные в одном случае и крупная пыль и ил в другом. Особенностью исследованных темногумусовых почв является некоторое накопление ила, приуроченное к

верхней 65 см толще с последующим снижением с почвообразующей породе. Среди фракций пыли преобладает крупная, достигая до 14–25 %. Фракция песка является преобладающей на глубине 76–86 см, где она достигает 21 %, такое резкое увеличение фракции по сравнению с остальными горизонтами можно объяснить присутствием в этом горизонте галечниковой прослойки мощностью 12 см. Как указывают Иванов И.В. [11], Каллас Е.В., Соловьева Т.П., Танзыбаев М.Г. [12] неравномерное распределение илистой фракции по профилю черноземного типа почв с некоторой долей увеличения в горизонтах АВ, В или ВС может быть обусловлено неоднородностью рыхлого материала, привносимого в котловины с окружающих горных сооружений либо выступает свидетельством былой солонцеватости.

Светлогумусовые почвы отличаются неоднородным гранулометрическим составом и представлены среднесуглинистыми разновидностями. Характерное для темногумусовых почв преобладание крупной пыли, песка и ила наблюдается и в этих почвах. Особенностью данных почв является тяжелосуглинистый и глинистый состав нижней части профиля, что вполне обусловлено литогенезом почвообразующих пород.

Солончаки в свою очередь характеризуются крайне неоднородным гранулометрическим составом. Супесчаные слои в них сменяются на легко- и тяжелосуглинистые. Отличительной особенностью глевых солончаков является высокая доля песка в верхней 20 см толще, с последующим преобладанием илистой фракции превышающей фракцию песка в 4–5 раз. Неоднородность гранулометрического состава связана, прежде всего, с неоднозначным поступлением материала вовлекаемого в дальнейшее почвообразование.

И, наконец, пелоземы гумусовые засоленные гидрометаморфические являются в основном легкосуглинистыми почвами. Для данных почв характерна опесчаненность почвенной толщи, что выражается в накоплении песчаных фракций практически по всему профилю. Хотя нужно заметить, что в верней 40 см толще преобладает наряду с песком и фракция ила, составляя около 22 %.

Таким образом, по своим свойствам почвы озера Беле очень разнообразны, что обусловлено специфическими условиями рельефа, а также неоднородностью почвообразующих пород. Полученные данные можно использовать при сравнении целинных почв с антропогенно-измененными либо в качестве фоновых при мониторинговых исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Водные ресурсы Ширинского района Республики Хакасия*// Под ред. В.П. Парначева – Томск: ТГУ, 1999. – 171 с.
2. *Шамшаева В.Ф.* Почвы приозерных ландшафтов степной зоны Хакасии // Автореф. диссер. на соискание ученой степени канд. наук. – Томск, ТГУ,2003. – 20 с.
3. *Танзыбаев М.Г. Булатова Н.Ю.* Специфика черноземов Хакасии, формирующихся на известковых породах. – Томск: ООО «Иван Федоров», 2001. – 160с.
4. *Танзыбаев М.Г. Почвы Хакасии*. – Новосибирск: Наука, 1993. – 256 с.
5. *Агроклиматические ресурсы Красноярского края и Тувинской АССР*. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – С. 16 – 31.
6. *Куминова А.В.* Краткий очерк растительности // Природные сенокосы и пастбища Хакасской автономной области. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 32–59.
7. *Аринушкина Е.В*. Руководство по химическому анализу. - М: Изд-во МГУ, 1961.-375с.
8. *Качинский Н.А.* Механический и микроагрегатный состав почвы, методы изучения. – М.: Изд-во АНСССР, 1958. – 235 с.
9. *Фридланд В.М.* Структура почвенного покрова. - М.: Изд-во Мысль, 1972. – 423 с.
10. *Каллас Е.В.* Гумусовые профили почв озерных котловин Чулымо-Енисейской впадины //Новосибирск: Изд-во Гуманитарные технологии, 2004. – 170 с.
11. *Иванов И.В.* Эволюция почв степной зоны в голоцене. – М.: Наука, 1992. – 144 с.
12. *Каллас Е.В., Соловьева Т.П., Танзыбаев М.Г.* Почвы озерных котловин Чулымо-Енисейской впадины // Вопросы географии Сибири. Вып. 24, 2001. С. 189–199.

Таблица 3. Гранулометрический состав исследуемых почв.

Горизонт	Глубина, см	Потеря от обработки HCl, %	Фракции в %, размер в мм						Сумма частиц
			1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
Разрез 1 – Солончак глеевый типичный хлоридно-сульфатный очень слабо гумусированный супесчаный									
Sca	0–1	28	29	24	8	2	3	6	11
Sca	1–7	25	17	21	17	4	7	9	20
G1sca	11–21	23	3	35	15	4	6	14	24
G2sca	26–36	12	17	5	19	8	11	28	47
Csgca	40–50	27	6	10	8	7	12	30	49
Csgca	80–90	22	27	11	5	3	9	23	35
Разрез 2 – Пелозем гумусовый засоленный гидрометаморфический крайне мелкий малогумусированный легкосуглинистый									
W	0–7	22	34	7	12	3	7	16	26
Csca	10–20	22	24	8	10	4	9	23	36
Csca	26–36	22	29	8	7	4	8	23	35
Cscaq	60–70	18	2	19	26	10	12	12	34
Cscaq	90–100	18	5	11	38	8	11	9	28
Cscaq	150–160	20	8	19	17	11	14	10	35
Q	170–173	22	3	8	39	9	11	7	27
Разрез 14 – Темногумусовая остаточно-карбонатная гидрометаморфизованная мелкая сильно гумусированная легкосуглинистая									
AUca	0–4	12	2	0	25	9	17	35	61
AUca	5–15	12	1	1	23	8	18	37	63
ACca	25–35	19	2	1	22	7	15	34	56
ACca	55–65	25	2	0	23	7	12	31	50
Ccaq	76–86	23	21	7	15	4	9	21	34
Ccaq	130–140	23	5	4	19	9	14	25	48
Cca	154–164	21	20	4	14	4	11	27	42
Разрез 34 – Светлогумусовая гидрометаморфизованная карбонатсодержащая крайне мелкая средне гумусированная среднесуглинистая									
AJca	0–7	10	4	13	32	7	13	22	42
AJca	9–19	20	2	6	21	8	11	31	50
ABca	27–37	23	2	6	22	7	14	26	47
BQca	50–60	22	4	5	26	10	14	20	44
Q	80–90	14	1	1	7	12	35	31	78
Q	105–115	12	1	0	6	11	39	31	81
Q	128–138	9	1	0	11	17	38	23	78
Q	140–146	15	1	3	24	12	27	19	58

Лабораторные анализы почв и водных вытяжек выполнены по общепринятым методикам: содержание гумуса по Тюрину, карбонаты определены методом Шейблера, поглощенные основания – комплексонометрическим методом [7]. Гранулометрический состав выполнен по Качинскому Н.А. [8].

УДК 631.48

МИКРОМОРФОЛОГИЯ НЕКОТОРЫХ АНТАРКТИЧЕСКИХ ПОЧВ ИЗ РАЙОНОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ ПОЛЯРНЫХ СТАНЦИЙ

Е.В. Абакумов

Санкт-Петербургский государственный университет

Изучены микроморфологические признаки элементарных почвенных процессов в почвах различных экоклиматических районов Антарктики. Показано, что процессы химического выветривания в большей степени выражены в субантарктических почвах, здесь также более развиты процессы гумификации, оглеения, глинообразования. Криоаридное выветривание и засоление почв в максимальной степени характерно для почв полярных пустынь.

ВВЕДЕНИЕ

Почвы Антарктиды изучены слабо. В настоящее время только начинается выделение элементарных почвенных процессов, характерных для почв шестого континента. Ранее при микроморфологических исследованиях почв Антарктиды были выявлены процессы разложения и трансформации органического вещества (Власов и др, 2005; Ilieva, 2003), образования глинистых минералов (Глазовская, 1958), дробления первичных минералов и обломков горных пород, окисления сульфидов в сульфатнокислых почвах, было показано, что выветривание минеральных частиц в почвах более всего выражено в почвах под гуано (Shaefer et al, 2008). Приведенные ниже данные касаются в основном почв, не исследованных ранее, и как будет показано, расширяют спектр известных почвенных процессов в Западной Антарктиде.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Данные о морфологии объектов исследования и химических параметрах почв были опубликованы ранее (Власов и др., 2005; Абакумов и др., 2008). Стоит лишь отметить, что микроморфологическое исследование, проведенное согласно рекомендациям Е.И. Парфеновой и Яриловой Е.А. (1977) касалось проб почв из Западной Антарктики, принадлежащих трем экоклиматическим регионам: полярным пустыням, тундропустошам и среднеантарктическим тундрам. Почвы этих регионов диагностируются соотвественно как: петроземы гумусовые (ст. Русская), орнитогенные почвы под гуано (о-в Линдси), литоземы серогумусовые (ст. Ленинградская) и литоземы серогумусовые глеевые (ст. Беллинсгаузен, о-в Кинг-Джордж).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Микростроение изученных почв существенно различается в зависимости от региона исследований (рис. 1).

Почвы острова Кинг-Джордж отличаются интенсивным гумусонакоплением, при этом формируются органогенные горизонты, состоящие из мелкодисперсного детритного материала лишайников, мхов, высших сосудистых растений. При этом органический растительный материал растительных остатков постепенно разлагается, по краям он темнеет, что связано с формированием гуминовых веществ.

В изученных субантарктических почвах заметно формирование гумусовых пленок на обломочных зернах. Возможно, эти пленки представляют своеобразную «зачаточную» гумусовую плазму. Сами зерна минералов и обломки пород отличаются округлой формой, которая, возможно, связана с процессами окатывания, переотложения, ведь на о-ве Кинг-Джордж широко представлены ледниковые отложения (в основном морены).

Исследование шлифов почв острова Кинг-Джордж показало, что зерна первичных минералов интенсивно корродируются, что связано с накоплением агрессивных фракций

© Е.В. Абакумов, 2009

органического вещества в относительно влажных условиях климата. Кроме того, выветриванию минералов и горных пород способствует чрезвычайная изменчивость погоды и почти ежедневный переход температуры через нулевую отметку в течение большей части года.

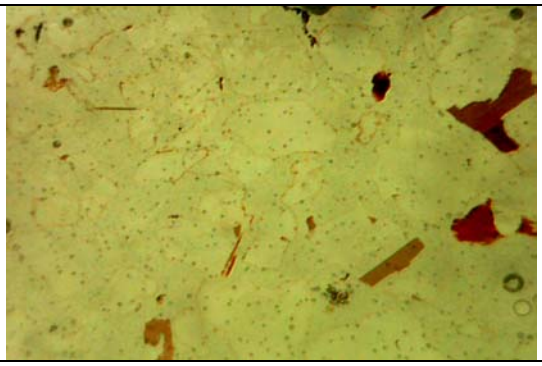
Гумусовый горизонт литозема, сформированного под гуано отличается темной окраской, что свидетельствует об интенсивных процессах трансформации гуано в почве. Нужно отметить, что почвы под гуано в субантарктике гораздо более темно окрашены, чем почвы под гуано в высоких широтах этого континента. Это свидетельствует об окислении материала гуано во влажных и относительно теплых условиях.

В большинстве изученных субантарктических почв влага застаивается на контакте с мерзлотой, что приводит к оглеению мелкозема и на микроморфологическом уровне выражается в ожелезнении мелкозема (диффузные формы и конкреции оксидов железа). Наличие выветривающихся обломков слюд на поверхностях агрегатов и обломков пород свидетельствует о том, что мелкозем почв обновляется и обогащается свежим материалом делювиев и водноледниковых потоков, забирающих материал современных морен острова. Микростроение почв о-ва Кинг-Джордж можно классифицировать как песчаное или пылевато-песчаное. При этом главными элементами микростроения почв являются скелет и пустоты. Существенную роль играет органическое вещество представленное гумонами.

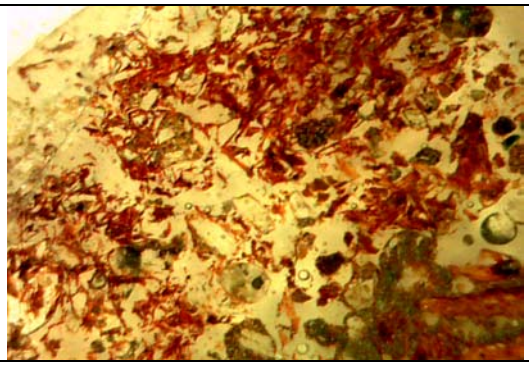
Почвы ст. Ленинградская характеризуются песчаным микростроением. Как и во всех изученных почвах органическое вещество представлено преимущественно гумонами, гумусовая плазма отсутствует. Обломки пород и минералов угловатые, неокатанные, что свидетельствует о местном происхождении мелкозема, отсутствии привноса ледниковых отложений. Общая микроморфологическая картина изученных шлифов свидетельствует о доминировании процессов криогенного выветривания – дробления обломков пород. Химическая коррозия зерен практически незаметна. В редких случаях наблюдается серицитизация полевых шпатов. В участках, где на поверхности камней заметны соли, наблюдается формирование кристаллов гипса, что свидетельствует об аридно-аккумулятивном процессе. Таким образом, интенсивность выветривания минеральной части почв в береговом климатическом регионе собственно Антарктики гораздо ниже, чем в почвах Субантарктики.

В почвах полярных пустынь на ст. Русская на микроморфологическом уровне диагностировано разрушение поверхности обломков горных пород под лишайником, накопление пленок органического вещества, а также ожелезнение верхнего слоя (2–5 мм) массивно-кристаллической породы. Микростроение почв классифицируется как скелетное, между частиц скелета аккумулируется существенное количество гумонов, проваливающихся в элювий на глубину 20–30 см. Для почв полярных пустынь очень характерно накопление выцветов солей на поверхности обломков пород, что хорошо согласуется с постепенно-убывающим распределением солей в профиле почв. В петроземах гумусовых, расположенных в долинах вокруг ст. Русская криоаридное выветривание выражено в максимальной степени среди изученных почв.

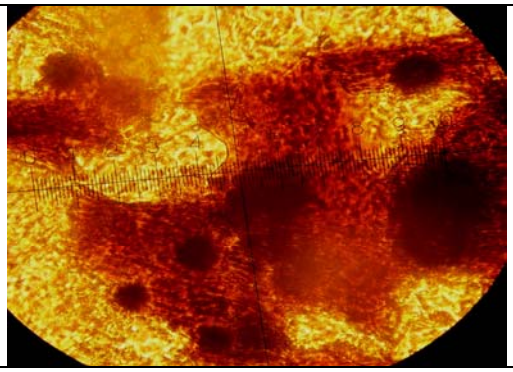
В почвах под гуано на о-ве Линдси аккумулируется гумусовая плазма, которая не разрушает минералы и обломки базальта. Эта плазма оптически аморфна, представляет клейкое вязкое вещество, покрывающее обломки минералов и пород пленками и слоями органического материала. Заметна миграция гуано в нижние горизонты элювия. В связи с суровыми климатическими условиями на о-ве Линдси процессы разложения и трансформация гуано практически не выражены. Поэтому здесь не образуется гумусовых горизонтов, а органическое вещество представляет своеобразную органогенную породу. Тип микростроения в почвах под гуано относится к плазменно-песчаному или плазменно-скелетному.



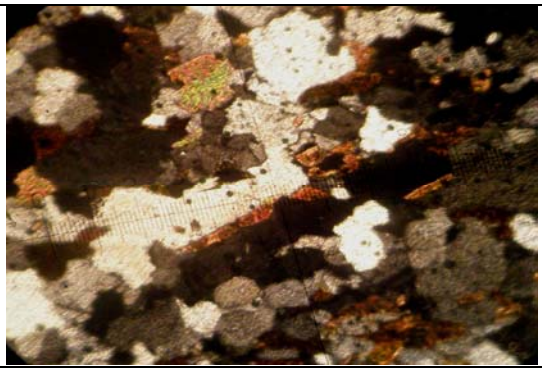
1



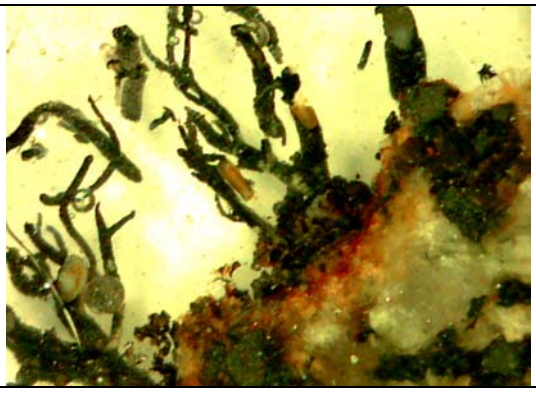
2



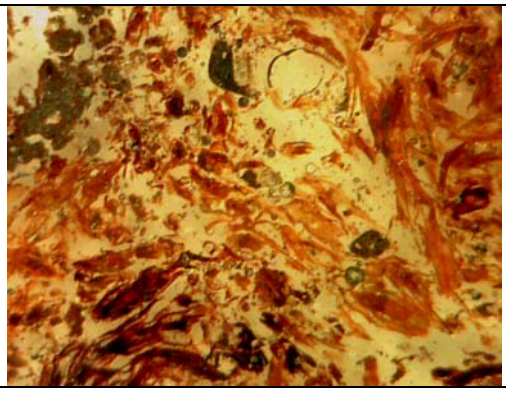
3



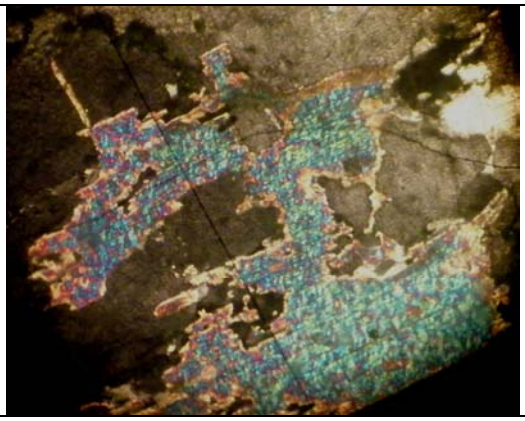
4



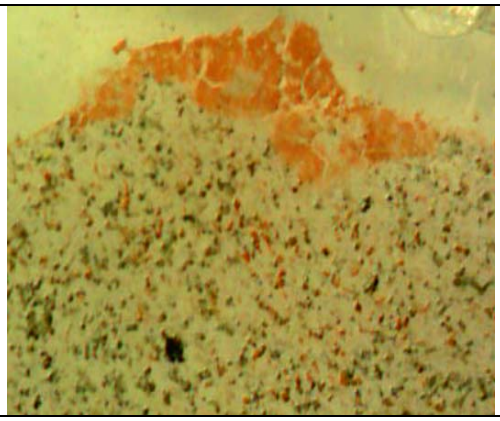
5



6



7



8

Рисунок 1. 1 – гумусовый горизонт литозема о-в Кинг-Джордж, ник //, 2 – подстилка почвы под мхами о-в Кинг-Джордж, ник //, 3 – локализация гидроокислов железа в литоземе под гуано, о-в Кинг-Джордж, ник //, 4 – биотит в элювии гнейсов, о-в Кинг-Джордж, ник //, 5 – микропочва на ст. Русская, ник //, 6 – гумусовый горизонт литозема на ст. Ленинградская, ник //, 7 – серицитизация полевых шпатов в Литоземе на ст. Русская, ник х, 8 – свежее гуано на обломке базальта, отраженный свет, о-в Линдси, ник //.Показано, что процессы химического выветривания в большей степени выражены в субантарктических почвах, здесь также более развиты процессы гумификации, оглеения, глинообразования. Криоаридное выветривание и засоление почв в максимальной степени характерно для почв полярных пустынь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные впервые исследования микроморфологических характеристик почв подтвердили предложенную диагностику почв Западной Антарктики, позволили выявить элементарные почвенные процессы в почвах различных экоклиматических регионах континента Антарктики.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абакумов Е.В., Помелов В.Н. Власов Д.Ю., Крыленков В.А.* Морфологическая организация почв Западной Антарктики // Вестник СПбГУ. 2008, Сер. 3, Вып. 3, с. 102–115
2. *Власов Д.Ю., Абакумов Е.В. и др.* Литоземы острова Кинг-Джордж, З Западная Антарктика // Почвоведение, 2005, № 7, с. 773–781.
3. *Глазовская М.А.* Выветривание и первичное почвообразование в Антарктиде // Научные Доклады Высшей Школы, Геолого-Географические науки, 1958, № 1, с. 63–76.
4. *Парфенова Е.И.*, Ярилова Е.А. Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. М. Наука, 1977
5. *Ilieva R., Vergilov Z., Groseve M.* Micromorpology of organic matter in the Antarctic soils // Bulgarian Journal of Ecological Science, Sofia, Vol. 2, № 304, 2003, pp. 52–54.
6. *Shaefer C.E.G.R., Simas F.N.B., Gilkes R.J., Mathison C., da Costa L.M., Albuquerque A.* Micromorphology and microchemistry of selected Cryosoils from maritime Antarctica // Geoderma, 2008, 144, pp. 104–115.

УДК 631.48

АККУМУЛЯТИВНО-ГУМУСОВЫЕ ПОЧВЫ СЫРТОВЫХ ВОЗВЫШЕННОСТЕЙ В ПРЕДЕЛАХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Абакумов, Ф.А. Кузнецов, М.М. Шамсимухаметов

Санкт-Петербургский государственный университет

Приводятся сведения о черноземных почвах сыртовых Возвышенностей Южного Заволжья в пределах Самарской области. Обсуждаются вопросы диагностики и пространственного распространения этих почв в связи с условиями рельефа местности.

ВВЕДЕНИЕ

Самарская область расположена на границе степной и лесостепной природных зон, в пределах восточной части Приволжской возвышенности, Высокого Заволжья, а также сыртовых возвышенностей Южного Заволжья.

Почвы южных районов Самарской области слабо изучены в плане морфологии и классификационного положения, не говоря уже об их аналитической характеристике. Исследования здесь были проведены В.А. Носиным (1949), который обнаружил специфику морфологической организации почв и их генетическое своеобразие для ландшафтов, сформированных на сыртовых суглинках – своеобразных почвообразующих породах, похожих на лессы, но характеризующихся существенно большей плотностью и меньшей пористостью. При этом следует отметить, что генезис сыртовых суглинков и глин до сих пор точно не выявлен.

В связи с этим целью работы было изучение специфики аккумулятивно-гумусового почвообразовательного процесса на специфических почвообразующих породах – сыртовых суглинках Южного Заволжья.

В задачи исследования входило:

1. Морфогенетическая характеристика специфики почвообразовательного процесса на сыртовых глинах и суглинках.

© Е.В. Абакумов, Ф.А. Кузнецов, М.М. Шамсимухаметов, 2009

2. Изучение пространственного распространения типов аккумулятивно-гумусовых почв на сыртовых глинах и суглинках.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Южнее р. Самары и Самарской Луки лежит область Сыртовой степи, граничащая на западе с р. Волгой, а на востоке и юге с Саратовской областью. Сыртовая степь представлена участками Приволжского, Безенчукского, Хворостянского, Чапаевского, Пестравского, Больше-Глушицкого, Алексеевского районов Самарской области.

Основными чертами, отличающими сыртовую степь от других естественных районов области являются: почти полное отсутствие в ландшафте древесной растительности, большая сухость климата, слабое развитие гидрографической сети, маловодность и преобладание в рельефе сглаженных форм. Относительной простотой в строении поверхности район обязан исключительно геологическому прошлому. Будучи расположен в зоне восточного крыла Восточно-Русской впадины, среди которой встречаются отдельные валы и купола древних палеозойских поднятий, он почти сплошь покрывался верхне третичным морем, оставившим мощные толщи осадков, сгладивших неровности древнего рельефа. После этого в ледниковые эпохи произошло вторичное, почти сплошное, покрытие местности чехлом пресноводных отложений – сыртовых глин, которые значительно выровняли рельеф страны. Область развития сыртовых глин охватывает громадную территорию с абсолютными высотами от 70–80 до 170–180 м. В этом пределе они перекрывают, за исключением массивов позднейшей денудации, коренные породы, залегая то на неогеновых, то непосредственно на пермских и юрских слоях. Наибольшей мощности сыртовые глины достигают на пологих, выровненных склонах междуречий, особенно северной экспозиции. По высоким водораздельным плато и особенно межовражным увалам их мощность значительно меньше. По окраске, сложению и гранулометрическому составу сыртовые глины настолько однородны в различных положениях рельефа, что крайне трудно, а зачастую невозможно отличить коренные сыртовые глины от их элювиальной и делювиальной модификаций. Поэтому под названием сыртовые глины нужно понимать как коренные отложения, так и их дериваты.

Сыртовые глины в верхней толще представлены пылеватыми мелкопористыми глинами равномерной жёлто-бурой окраски, при высыхании распадающимися на призматические отдельности. В глубоких горизонтах сыртовые глины содержат некрупные известковые конкреции, кристаллы гипса и ничтожные количества хлоридов и сульфатов щелочных катионов.

Таковы в общих чертах признаки сыртовых глин, имеющих огромное значение в формировании почв чернозёмного типа в условиях сыртовой степи.

В Заволжской сыртовой степи преобладают чернозёмы, покрывающие почти сплошь сырты и речные долины. Под влиянием изменения климатических условий при движении с северо-запада на юго-восток в чернозёмах постепенно убывает содержание гумуса, уменьшается мощность верхнего горизонта и повышаются уровни карбонатных и сульфатных горизонтов. Таким образом, по мере нарастания элементов засушливости к юго-востоку появляются признаки свойственные почвам сухих нечернозёмных степей. Подобное изменение закономерно вызывает появление по склонам каштановых почв.

Полевые описания почв и их диагностика проводились в соответствии с Классификацией и диагностикой почв России (2004) и Полевым определителем почв России (2008). Учет данных проводился в единой базе данных об объектах Красной книги почв Самарской области, разрабатываемой в настоящее время Санкт-Петербургским государственным университетом и Институтом Экологии Волжского Бассейна РАН (Абакумов и др., 2008).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При движении с севера (от Самары) на юг юго-восток области происходит смена наиболее распространенных в области почвообразующих пород – дериватов карбона и перми. Так, изначально, при удалении от Волги почвообразующими породами выступают юрские и пермские породы и соответственно на них формируются относительно маломощные органо-аккумулятивные почвы (реже литоземы и петроземы). Далее, при движении на юго-восток происходит смена почвообразующих пород морскими осадками – сыртовыми глинами и суглинками и одновременное увеличение высоты местности. В роли пород выступают более тяжёлые по гранулометрическому составу и более богатые элементами питания растений сыртовые глины, суглинки и их элювии. Степень щебнистости сыртовых пород ниже, равно, как и меньше их плотность сложения по сравнению с дериватами юрских и пермских отложений. Климат сыртовых степей более континентален, чем климат восточной части Приволжской возвышенности (лесостепь) или Высокого Заволжья (лесостепь и степь). В этих условиях формируются аккумулятивно-гумусовые почвы, являющиеся доминирующими по отношению к органо-аккумулятивным почвам или литоземам.

Выявляется зависимость типа почв от положения в рельефе, экспозиции склона и степени дренированности. Так, на хорошо дренированных склонах западной экспозиции уже на высоте 83 метров развиваются текстурно-карбонатные чернозёмы. Снижение степени дренированности на плакорных участках приводит к формированию чернозёмов миграционно-мицелярных. Увеличивается количество поступающей и накапливающейся влаги, в связи, с чем не происходит столь активного капиллярного поднятия раствора карбонатов, и как следствие формирования текстурно-карбонатных или сегрегационных горизонтов.

Развитие того или иного типа аккумулятивно-гумусовых почв также зависит от положения в рельефе. В межсыртовых понижениях развиваются глинисто-иллювиальные черноземы, а древесная или кустарниковая растительность и северная экспозиция склонов только усиливают степень выраженности протекания иллювиального процесса.

С продвижением на юго-восток к Общему сырту и с подъёмом на большие высоты увеличивается степень континентальности климата, что приводит к формированию текстурно-карбонатных чернозёмов.

У подножий Общего сырта на самом юге Самарской области в зоне сухих степей в почвах в верхних горизонтах заметно снижается мощность гумусового горизонта, изменяется процесс гумусообразования и получает развитие ксерометаморфический процесс, в данных условиях приводящий к формированию каштановых почв. Однако из-за большой степени антропогенной (сельскохозяйственной) освоенности этой части региона обнаружение каштановых почв в их естественном состоянии является весьма проблематичным. В некоторых каштановых почвах заметно осолонцевание. Каштановые почвы при распашке характеризуются увеличенной мощностью гумусовых горизонтов, что позволяет относить их к агрочерноземам текстурно-карбонатным солонцеватым. Но уже через 15 и более лет после перевода этих агрочерноземов в залежь происходит дегумификация почв, наблюдается осветление гумусового горизонта, снижение его мощности. При этом деградация мощности гумусового горизонта происходит именно за счет нижней, припаханной части органо-минеральной толщи.

ВЫВОДЫ

1. В Сыртовом Заволжье в пределах Самарской области преобладающими почвами являются черноземы, преимущественно миграционно-мицелярного, сегрегационного и текстурно-карбонатного типов. Иллювиально-глинистые черноземы приурочены к замкнутым понижениям рельефа, аккумулирующим дополнительные количества влаги. На самом юге Самарской области по южным склонам сыртовых

возвышенностей можно встретить каштановые почвы, иногда проявляющие признаки солонцеватости.

2. В ненарушенном (целинном) состоянии обнаружены представители всех типов черноземов. В связи с этим их можно включить в список объектов Красной Книги почв Самарской области. Каштановые почвы были ранее полностью распаханы, в связи с этим обнаруживаются теперь преимущественно в залежном состоянии.
3. Черноземы, формирующиеся на сыртовых отложениях Заволжья характеризуются рядом специфических морфологических черт, отличающих их от аналогичных черноземов Восточной части Приволжской возвышенности, а также от дисперсно-карбонатных черноземов Высокого Заволжья, что требует их дальнейшего глубокого изучения как представителей особого литологического ряда аккумулятивно-гумусовых почв восточных фаций Русской равнины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абакумов Е.В., Саксонов С.В., Ильина В.Н.* Почвенно-ботанические экскурсии по Самарской Луке и Северо-востоку Самарской области: перспективы создания региональной Красной книги почв // Известия Самарского Научного Центра РАН, 2008, вып. 5/1. с. 63–68.
2. *Классификация и диагностика* почв России. – М.: Под редакцией В.В. Добровольского. – Смоленск: Ойкумена, 2004.- 342 с.
3. *Носин В.А. и др.* Почвы Куйбышевской области. Куйбышев. ОГИЗ. 1949, 383 с.
4. *Полевой определитель* почв России. М., 2008, 182 с.

УДК 631.482.1

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И НОВООБРАЗОВАННЫЕ АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ПОЧВЫ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ

Н.Р. Айсина

Санкт-Петербургский Государственный университет,
кафедра почвоведения и экологии почв, Санкт–Петербург

Данная работа посвящена актуальной проблеме Средней Волги, а именно образованию серии островов в результате сооружения на реке Куйбышевского водохранилища и зарегулирования водотока.

ВВЕДЕНИЕ

Истоки учения о пойменных почвах находятся в трудах В.В. Докучаева (1951) и Н.М. Сибирцева (1900). В 1898–1900 гг. Н.М. Сибирцев впервые дал научное определение понятия пойменные почвы, отделив их от аллювиальных наносов и отнес их к азональным или неполным, подчеркнув при этом, что при выходе из сферы водополий они «приближаются к соответственным зональным: в северной России к подзолистым, в южной – к черноземным» (Яблонских, 2000).

Учение о пойме и формировании пойменных почв обстоятельно было разработано В.Р. Вильямсом (1949) на примере сегментного типа пойм. Он выделил и охарактеризовал области притеррасной, центральной, прирусловой поймы, а также область наибольшего скопления песка и область притеррасных дюн. Разработанная В.Р. Вильямсом схема широко использовалась в работах почвоведов при характеристике пойменных почв. Однако она не лишена недостатков, которые отмечались еще при жизни В.Р. Вильямса. Обстоятельный критический анализ представлений В.Р. Вильямса о морфологии пойм и их оценку сделал Е.В. Шанцер (1951, 1966).

© Н.Р. Айсина, 2009

ОБЪЕКТЫ

Процесс пойменного синлитогенного почвообразования в Средней Волге изучен недостаточно. Почвы островов Куйбышевского водохранилища образованы на слоистых аллювиальных отложениях, как древних, так и современных. После строительства Куйбышевской ГЭС аллювиальный процесс претерпел определенные изменения, но остается одним из ведущих факторов в формировании почв, подвергающихся его воздействию. Зональные аспекты пойменного почвообразования в Средней Волге не были отражены в литературных источниках.

Все исследованные нами почвы пойм и островов Куйбышевского водохранилища образованы на современном или древнем аллювии, кроме того, значительная их часть и сейчас находится под воздействием аллювиального и поемного процессов, оказывающих значительное влияние на все их свойства. Среди объектов изучения следует выделять новообразованные аллювиальные почвы островов и нативные аллювиальные почвы.

В результате абразии коренных берегов Волги происходит отложение мелкоземистого материала, и образуются новообразованные аллювиальные почвы. Свежий материал откладывается вниз по течению р. Волги, засоряя ее русло и загрязняя воды песчаным материалом, что приводит к образованию серии островов, например (Середыш и Сосновый) на протяжении 3–4 км вниз по течению от Жигулевской (Куйбышевской) ГЭС. Часть из них и сейчас находится под влиянием аллювиального процесса, претерпевшего определенные изменения по сравнению с незарегулированной рекой.

Кроме того, на данных островах с каждым годом увеличивается площадь новообразованных песчаных полос, и появляется новое пространство для почвообразования, – все это происходит благодаря интенсивной береговой абразии вследствие зарегулирования водотока Куйбышевской ГЭС и переотложения песчаного материала.

Почвообразование естественных почв пойм происходит в отсутствии непосредственного влияния водохранилища.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Для характеристики исследуемых объектов рассмотрим ниже физико-химические свойства аллювиальных почв.

1. Аллювиальные почвы Рождественской поймы.

На берегу Рождественской поймы формируется аллювиальная серогумусовая почва, легкосуглинистая на аллювиальных супесях, залегающих на погребенном профиле аллювиальной темногумусовой глееватой – разрез № 29 (табл.). Данный профиль содержит погребенный профиль аллювиальной темногумусовой глееватой почвы, который отличается от более молодого – верхнего - большим содержанием гумуса – от 0.70 % в глеевом горизонте до 0.91 % в темногумусовом горизонте. Верхняя же часть аллювиальной серогумусовой легкосуглинистой почвы содержит низкое количество гумуса от 0.40 до 0.53 %, вероятно это обусловлено относительной «молодостью» профиля, и, соответственно гумуса, растительные остатки не успеют гумифицироваться до «зрелых» гумусовых и фульвокислот. Почвенный профиль имеют реакцию среды близкой к нейтральной.

Далее вглубь поймы на выраженном береговом валу формируется аллювиальная серогумусовая глееватая легкосуглинистая почва (разрез № 33).

В условиях избыточного и достаточно длительного увлажнения, которое наблюдается в этой части поймы, в профиле данной почвы появляются признаки различных степеней оглеения в форме ржавых пятен. Аллювиальная серогумусовая глееватая легкосуглинистая почва содержит больше содержание гумуса, чем предыдущая близлежащая аллювиальная почв – от 0.57 % (в серогумусовом горизонте) до 2.02 % (в глеевом горизонте), прежде всего это обусловлено утяжелением гранулометрического состава, и содержание гумуса падает с глубиной. Верхняя часть профиля имеет нейтральную реакцию среды, ближе к породе реакция почвенного раствора изменяется на близкую к нейтральной, веро-

ятно это обусловлено относительным преобладанием восстановительных процессов в глеевом горизонте (табл.)

Вблизи разреза № 33 под дубравой располагается аллювиальная темногумусовая тяжелосуглинистая типичная почва (разрез №31), которая заливается в половодье. Данная почва характеризуется большим содержанием гумуса по сравнению с другими аллювиальными почвами Рождественской поймы – от 3.97 до 1.16 %, то есть постепенно убывает с глубиной. Реакция среды близко к нейтральной (pH до 5.5), и к породе становится более кислой. Здесь, уже ближе к центральной части поймы утяжеляется гранулометрический состав, гумус становится гуматным с преобладанием гумусовых кислот 2 фракции, и в аллювиальной породе появляются признаки оглеения. Данные приведены в таблице.

На древней боровой террасе по сосновым бором был заложен разрез № 32 серогумусовой псевдофибровой супесчаной почвы на боровых песках. Данный профиль представляет собой первичный результат почвообразования, и является очень молодым, - что видно из физико-химических характеристик. Содержание гумуса крайне низкое, и убывает с глубиной к почвообразующей породе, и имеет ярко выраженный фульватный характер, что характерно для этого типа почв. Гумифицированные разлагающиеся растительные остатки вымываются из почвенного профиля. Реакция среды в почвенной толще близка к нейтральной, но в подстилке, она становится среднекислой вследствие преобладания в составе опада хвои, веточек и шишечек (данные см. в табл.).

2. Новообразованные аллювиальные почвы.

Наиболее молодые представители аллювиальных почв получили широкое распространение на острове Сосновый, и являются, по существу, примитивными образованиями, в вертикальном профиле которых почвенные процессы совершенно не обнаруживаются или обнаруживаются в начальной стадии почвообразования, к таким почвам относятся аллювиальные серогумусовые супесчаные почвы. Обычно слоистые почвы располагаются в непосредственной близости от русла реки – по береговым валам и пляжам (разрез № 9, 10).

Аллювиальная серогумусовая супесчаная глеевая почва занимает наиболее выровненную часть прирусловой части поймы (разрез № 9). Профиль такой почвы большую часть вегетационного периода увлажнен и состоит из более или менее ясно выраженных слоев, различных по цвету, мощности, гранулометрическому составу и гумусированности, которая очень низкая по всему профилю – содержание гумуса колеблется от 0.55 % до 0.63 %. Причем, процентное содержание определяется не столько почвообразовательным процессом, сколько содержанием остаточного привнесенного органического вещества в слоях аллювия. Величина pH водной суспензии колеблется в пределах от 5.6-6.9.

Аллювиальная серогумусовая супесчаная на слоистых аллювиальных песках (разрез №10) занимает противоположную часть острова Сосновый. Профиль почвы имеет реакцию среды, близкой к нейтральной – pH от 6.3 до 6.5. Характеризуется низким содержанием гумуса от 0.17 % (в слоистой породе) до 0.57 % (в серогумусовом горизонте), как и все супесчаные исследуемые разновидности. Профиль очень молодой, отчетливо видна слоистость по всему, особенно в аллювиальной породе.

Аллювиальные серогумусовые почвы острова Соснового характеризуются невысокими значениями гидролитической от 0.2 до 0.7 м-экв/100 г почвы и обменной кислотности от 0.06–0.3 м-экв/100г почвы, причем максимальные значения отмечены в гумусово-аккумулятивных горизонтах. Довольно четко выражена зависимость содержания гумуса от гранулометрического состава и емкости катионного обмена – величина емкости катионного обмена имеет максимум в гумусово-аккумулятивных горизонтах от 29.8–33.6 м-экв/100г почвы, и уменьшается с глубиной к песчаной аллювиальной породе (см. в табл.).

На берегу Волги под гигрофильной растительностью сформировалась аллювиальная темногумусовая среднесуглинистая почва (табл.). Профиль данной почвы имеет погребенный темногумусовый горизонт, отличающийся от современного гумусово-аккумулятивного горизонта большим содержанием гумуса – 4.60 % по сравнению с – 2.60 %. Вероятно, это

обусловлено большим количеством органического материала, поступающего с аллювиальными прослойками. Величина pH водной суспензии колеблется в пределах от 5.9–7.3.

Аллювиальная серогумусовая супесчаная почва на погребенной аллювиальной серогумусовой и на погребенной аллювиальной серогумусовой почвах (разрез № 7), – приурочена к высокой пойменной террасе. В силу неустойчивости аллювиального процесса образуются такие вложенные профиля, при этом наблюдаются слои разной толщины. При этом толщина вновь образующегося почвенного профиля бывает весьма различной, что мы и наблюдаем на примере разреза № 7. Оглеение четкое, но слабое в пределах всего профиля. Светлоокрашенные супесчаные прослои сменяются более темными, прогумусированными прослоями, при этом у последних прослеживается прочная зернисто-комковатая структура, которая видна в темногумусовых горизонтах аллювиальных почв. Мощность стратифицированного профиля составляет 220 см.

Профиль почвы характеризуется реакцией среды близкой к нейтральной. Содержание гумуса неравномерное по всему профилю – и имеет максимум в гумусово-аккумулятивных горизонтах, и минимум в горизонтах почвообразующих породах. Следует отметить, что почвенная толща до 69 см более прогумусирована, и самое высокое содержание гумуса в верхнем современном серогумусовом горизонте – 3.24 %. Данный профиль почвы с двумя вложенными профилями характеризуется невысокими значениями гидролитической от 0.7 до 2.0 м-экв/100г почвы и обменной кислотности от 0.07–0.20 м-экв/100 г почвы, причем максимальные значения отмечены в гумусово-аккумулятивных горизонтах, и переходных к породе горизонтах.

Согласно приведенным данным (табл.), характеризуемую почву можно отнести к градации малогумусных (содержание гумуса по всему профилю низкое, за исключением верхнего горизонта). Довольно четко выражена зависимость содержания гумуса от механического состава и емкости катионного обмена. Наиболее высокие их показатели (гумуса и емкости катионного обмена) имеют суглинистые разновидности – в легкоглинистом темногумусовом горизонте емкость катионного обмена достигает величины 51.5 м-экв/100 г почвы, а содержание гумуса 3.24 %.

Данная аллювиальная почва с множеством погребенных горизонтов возникла в результате того, что паводковый режим реки изменился в сторону повышения интенсивности половодий, – что было связано с деятельностью Куйбышевского водохранилища.

В значительной части случаев в погребенном состоянии находятся различные суглинистые зернистые почвы, при этом поверхностная почва представлена слоистыми песчаными или супесчаными прослойками (Шраг, 1954) – что и наблюдается в разрезе № 7 с двумя вложенными профилями.

Таблица. Физико-химические свойства аллювиальных почв.

Аллювиальная серогумусовая супесчаная на погребенной аллювиальной серогумусовой и на погребенной аллювиальной серогумусовой. Разрез № 7									
Горизонты и глубины их залегания, см	ГВ, %	С	Гумус, в %	pH H_2O	pH KCl	ГК	ОК	ЕКО	V, в %
						в м-экв/100г почвы			
АУ 0–11	3.3	1.88	3.24	6.5	6.0	0.7	0.2	30.7	97.7
С 11–25	2.6	0.18	0.32	6.5	5.8	0.7	0.07	10.4	93.2
[$АU_1$] 25–45	9.8	0.91	1.56	6.5	5.6	1.4	0.2	51.5	97.2
[$АС_1$] 45–69	6.8	0.87	1.50	6.5	5.5	2.0	0.7	51.5	96.1
[$С_1$] 69–96	2.3	0.10	0.17	6.3	5.5	0.6	0.07	9.9	93.4
[$С_2$] 96–110	2.4	0.06	0.10	6.5	5.5	1.3	0.2	18.8	93.1
[$АУ_{2g}$] 110–129	4.9	0.11	0.19	6.5	5.40	1.3	0.2	21.8	94.0
[$АУ_1$] 129–179	5.0	0.29	0.50	6.2	5.2	1.3	0.07	36.6	96.4
[С˜] 179–220	1.9	0.01	0.01	6.0	4.8	1.3	0.07	7.9	83.5

Таблица. Физико-химические свойства аллювиальных почв (продолжение).

Горизонты и глубины их залегания, см	ГВ, %	С	Гумус, %	pH H_2O	pH KCl	ГК	ОК	ЕКО	V, в %
						в м-экв/100г почвы			
Аллювиальная темногумусовая тяжелосуглинистая глеевая. Разрез №8.									
AUg_1 0–11	12.9	2.07	3.56	5.6	4.9	0.7	0.2	59.4	98.8
AUg_2 11–27	11.7	1.05	1.81	6.1	5.1	0.3	0.2	49.5	99.4
Gox 27–42	7.6	0.33	0.57	6.3	5.3	0.2	0.07	47.5	99.6
G 42–75	6.4	0.06	0.10	6.3	5.3	0.2	0.07	33.6	99.4
Аллювиальная супесчаная серогумусовая глеевая на песках. Разрез №9.									
AYg 0–12	8.5	0.37	0.63	6.6	6.1	0.5	0.3	33.6	98.5
ACg 12–24	7.4	0.20	0.34	6.8	6.3	0.4	0.2	29.9	98.6
G ox 24–80	7.5	0.31	0.53	6.9	6.4	0.2	0.06	23.8	99.1
G 80–110	8.0	0.32	0.55	5.6	5.0	0.3	0.08	21.8	98.6
Аллювиальная серогумусовая супесчаная на песках. Разрез №10.									
Подст.	11.6	75.26*	не опр.	6.3	6.0	не опр.			
AY_1 0–20	7.0	0.33	0.57	6.6	6.1	0.3	0.2	29.8	99.0
AY_2 2 0–40	6.2	0.13	0.22	6.6	5.9	0.3	0.06	26.4	98.8
C˜ 40–80	4.5	0.10	0.17	6.5	6.0	0.2	0.07	14.0	98.5
Аллювиальная темногумусовая тяжелосуглинистая типичная. Разрез №31									
Подст.	12.5	86.27*	не опр.	6.0	5.0	не опр.			
AU 0–45	8.8	2.30	3.97	5.5	4.4	0.7	0.3	60.4	98.8
AC_1 45–50	7.5	1.34	2.30	5.5	4.5	0.6	0.2	44.7	98.6
AC_2 50–55	7.1	0.86	1.48	5.4	4.3	0.6	0.2	41.3	98.5
Cg 55–75	6.4	0.67	1.16	4.5	3.6	0.6	0.2	42.8	98.6
Аллювиальная серогумусовая легкосуглинистая на аллювиальных супесях, залегающих на погребенном профиле аллювиальнойой темногумусовой глееватой. Разрез № 29									
AY_1 0–30	6.9	0.53	0.91	6.2	5.7	0.3	0.1	28.7	99.0
AY_2 30–50	7.4	0.40	0.70	6.9	5.6	0.2	0.06	25.5	99.2
C_g 50–70	7.0	0.44	0.76	6.8	5.7	0.2	0.07	18.5	98.9
[$AUg_{1\,g}$ 70–90	5.2	1.39	2.39	6.5	5.4	0.2	0.07	29.0	99.3
[$AUg_{2\,g}$] 90–115	5.8	0.88	1.52	7.0	5.6	0.2	0.07	37.8	99.4
[G] 115–120	5.2	0.76	1.32	7.0	5.7	0.2	0.07	41.0	99.5
Серогумусовая супесчаная на боровых песках. Разрез № 32.									
Подст. H	9.8	56.37*	не опр.	5.5	4.4	не опр.			
AY_e 0–20	5.6	0.49	0.84	6.0	4.9	1.0	0.5	27.9	96.4
Bff 20–40	4.5	0.15	0.25	6.3	5.1	0.7	0.4	24.5	97.1
Cff 40–80	3.9	0.13	0.22	6.0	5.9	0.9	0.4	14.4	93.7
Аллювиальная серогумусовая тяжелосуглинистая глееватая. Разрез № 33.									
AY 0–28	8.2	0.33	0.57	7.2	не опр.			61.0	не опр.
G 28–53	7.9	1.40	2.42	7.1				47.8	
Gox 53–87	7.9	1.17	2.02	5.9	4.6	0.7	0.3	45.6	99.1
Аллювиальная темногумусовая среднесуглинистая. Разрез № 43.									
AU 0–12	6.5	1.51	2.60	7.3	не опр.			30.3	не опр.
AU˜ 12–21	5.7	2.67	4.60	7.1				26.8	
[Ctur˜] 21–60	4.8	1.70	2.93	5.9	4.7	0.6	0.3	17.8	96.6

* – ППП (потеря при прокаливании)

Вглубь поймы, где рельеф становится более спокойным, прослеживаются изменения в характере чередования слоев, что мы и наблюдаем в разрезе № 8 – аллювиальной серогумусовой тяжелосуглинистой глеевой почвы.

Наиболее типичная почва центральной части поймы, формирующаяся в условиях средней и длительной поемности характеризуется следующими чертами. Под хорошо развитым темногумусовым горизонтом со средним содержанием гумуса (3.56 %) формируется окрашенный в различные оттенки бурого или серого, сизого цвета глеевый горизонт (табл.). Реакция почвенного раствора близка к нейтральной – 5.9–6.3. Аллювиальная серогумусовая тяжелосуглинистая глеевая почва характеризуется невысокими значениями гидролитической кислотности от 0.2 до 0.7 м-экв/100 г почвы и обменной кислотности от 0.07–0.20 м-экв/100г почвы, причем максимальные значения отмечены в гумусово-аккумулятивных горизонтах, и переходных к породе горизонтах, также как и в других горизонтах аллювиальных почв. Данная почва характеризуется достаточно высокими значениями емкости катионного обмена до 59.4 м-экв/100 г почвы во втором темногумусовом горизонте, постепенно убывает с глубиной, и определяется тяжелым гранулометрическим составом по всему профилю.

В условиях избыточного и достаточно длительного увлажнения, которое наблюдается в данной части поймы, в профиле аллювиальной серогумусовой тяжелосуглинистой глеевой почвы появляются признаки различных степеней оглеения в форме ржавых и глеевых пятен.

Следует отметить, что независимо от природной зоны, аллювиальные серогумусовые супесчаные почвы характеризуются относительно однородными свойствами и прежде всего небольшим содержанием гумуса – до 2 %, а также реакцией почвенного раствора, близкой к нейтральной. Вниз по профилю гранулометрический состав этих почв становится более легким, в нем появляется заметная слоистость, что характерно для перехода от пойменного аллювия к русловому. Однако по мере ослабления аллювиальной деятельности реки и все большего развития на этих почвах гумусово-аккумулятивного процесса количество гумуса у них повышается, что мы и наблюдаем в участках центральной поймы. Гумусовый горизонт здесь имеет гораздо большую мощность и не имеет выраженной слоистости.

Необходимо принять во внимание, что тяжелый по гранулометрическому составу аллювий изначально содержит больше органического вещества, что способствует более быстрому почвообразованию, большему запасу питательных веществ и, соответственно, большему плодородию этих почв. Причем новообразованные аллювиальные разновидности по своему эволюционному пути полностью следуют естественным аллювиальным почвам данного типа, это видно по всем физико-химическим параметрам исследуемых почв – содержание, тип гумуса, и т.д.

Новообразованные аллювиальные почвы на берегу Волги отличаются интенсивными процессами седиментации песчаного руслового материала, который переносится течением реки.

ВЫВОДЫ

Изучив закономерности физико-химических параметров исследуемых аллювиальных почв можно сделать следующее заключение, что для пойменных почв характерны процессы омоложения, обусловленные седиментацией и погребением, а также эрозионного разрушения почв и возобновления педогенеза на молодых поверхностях.

Наряду с динамичными, есть и стабильные участки, в пределах которых выявлено постепенное развитие почв из аллювиальных в сторону нормальных зональных (Добровольский, 1968). Изучение почв, погребённых в поймах и балках, подтверждает направленность процессов почвообразования как в сторону развития зрелых автономных почв, так и в сторону их обновления и омоложения (Александровский, Александровская, 2005; Сычёва, 2006). Поэтому прогнозировать развитие почв аккумулятивных ландшафтов

сложно, но необходимо, особенно для пойменных почв, которые занимают большую площадь, плодородны и имеют большое сельскохозяйственное значение. Изучение эволюции и скорости формирования данных почв важно не только с теоретической, но и с практической точки зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александровский А.П., Александровская Е.И.* Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. – 223 с.
2. *Вильямс В.Р.* Почвоведение.- Избр. соч., вып. 3. М.: Сельхозгиз, 1949. 456 с.
3. *Добровольский Г.В.* Почвы речных пойм Центра Русской равнины. – М.: Изд-во МГУ, 1968. – 296 с.
4. *Докучаев В.В.* Учение о зонах природы и классификация почв. – М.;Л., 1951. – Т. 6. – С. 375–531.
5. *Сибирцев Н.М.* Почвоведение. СПб, 1900.
6. *Сычева С.А.* Культурный слой древних поселений как объект междисциплинарный исследований // Культурные слои археологических памятников. Теория, методы и практика исследований. Материалы науч. конф. -М.: ИГ РАН, ИА РАН, НИА-Природа, 2006. - С. 45-55.
7. *Шанцер Е.В.* Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования, аллювиальных свит // Тр. / Ин-т геологии. – 1951. – Вып. 135.– С. 12–160.
8. *Шанцер Е.В.* Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований, Труды, вып. 161. М: изд-во Наука, 1966г, С. 410.
9. *Шраг В.И.* Пойменные почвы и их сельскохозяйственное использование. М.: Изд-во Академии Наук СССР, 1954. С. 111.
10. *Яблонских Л.А.* История изучения пойменных почв лесостепи // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Химия. Биология. – 2000. – №6. – С. 33-39

Работа рекомендована к.б.н., ст. преподавателем Абакумовым Е.В.

УДК 631.417.2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОГРЕБЕННЫХ ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОЧВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ

Л.В. Багаутдинова, И.О. Кечайкина, А.Г. Рюмин

Санкт-Петербургский государственный университет

Результаты изучения качественного состава органического вещества почв археологических памятников с возрастом от 500 до 1000 лет указывают на существенную трансформацию структурно-функциональных параметров их гумусовых веществ, которая происходит в результате погребения гумусовых горизонтов этих почв.

ВВЕДЕНИЕ

Погребенные почвы имеют важное палеографическое значение, они являются хранилищем многочисленных данных об окружающей среде, эволюции почв и растительного покрова. В большинстве своем они содержат меньше гумуса, чем их современные аналоги. Многие исследователи связывают это с диагенетическими преобразованиями гумуса после захоронения этих почв или потерями большей части исходного органического вещества в связи с эрозией верхней части профиля перед погребением. Например, в лессово-почвенных сериях Китая практически во всех погребенных лювисолях отсутствуют гуму-

Работа выполнена при поддержке гранта РФИИ 07-04-01459-а

© Л.В. Багаутдинова, И.О. Кечайкина, А.Г. Рюмин, 2009

сово-аккумулятивный и элювиальный горизонты, эродированные перед началом осаждения лесса (Bronger A., 1998).

Что касается диагенеза, то даже в голоценовых палеопочвах из-за минерализации теряется более 50 % гумуса в течение первых тысяч лет после погребения (Генадиев А.Н., 1990). В плейстоценовых погребенных почвах лессово-почвенных серий содержание органического углерода даже в сохранившихся гумусово-аккумулятивных горизонтах чаще всего не превышает 0.5 %. Причем, происходит заметное изменение качественного состава органического вещества в таких горизонтах: разложение легкогидролизуемых веществ происходит быстрее, отчего возрастает относительное содержание гуминов и гуминовых кислот. Многие авторы полагают, что состав и свойства самих гумусовых веществ несколько изменяются в процессе минерализации гумуса после погребения почвы (Ванькович Г.Н., Колтун В.Д., 1982; Дергачева М.И, Зыкина В.С. 1978). Однако, в работе Т.Д. Морозовой и О. А. Чичаговой (1968) говорится о том, что соотношение основных групп гумусовых веществ, характерное для современных почв, сохраняется и в древних почвах.

В настоящее время считается, что в толще отложений, лишенных влияния современного почвообразования, абсолютные величины Сгк/Сфк в гумусовом горизонте, а также изменение их по почвенному профилю ископаемых почв является одним из наиболее часто используемых и достаточно надежных признаков при их диагностике. О.Н. Бирюкова и Д.С. Орлов (1980), обобщив литературные данные по составу гумуса ископаемых почв, пришли к выводу, что среднестатистические параметры состава гумуса, в том числе содержание гумина, не выходят за пределы, установленные для соответствующих типов современных почв.

Другие авторы (Дергачева М.И, Зыкина В.С., 1978; Дергачева М.И., 1984) отмечают, что доля гуминов в составе гумуса в разновозрастных ископаемых почвах значительно колеблется. Так по данным, полученным М.И. Дергачевой при изучении погребенных почв Самарского Поволжья, групповой состав гумуса относится к гуматному типу, отношение Сгк/Сфк в верхней части погребенных гумусовых горизонтов доходит до 3.1, а доля негидролизуемого остатка увеличивается до 48 %.

О.С. Якименко с соавторами (2007), изучив пеплово-почвенные серии трансмексиканского вулканического пояса, которые сохранили мощные темноокрашенные гумусово-аккумулятивные горизонты, отметили, что органическое вещество палеопочв характеризуется средней степенью гумификации и гуматным составом гумуса в котором соотношение Сгк/Сфк составляет 2–4, а в некоторых случаях достигает 7–10.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны две почвы лесостепной зоны с различным возрастом погребения и различным генезисом.

Первая почва: темногумусовая, среднемощная, глубококарбонатная, легкосуглинистая на насыпной толще оборонительного вала, погребающего серую лесную, тяжелосуглинистую, карбонатную почву на красно-бурых суглинках. Разрез был заложен в окрестностях заповедника «Белогорье» участка «Лес на Ворскле» в районе археологического памятника «Скифское городище» предположительно III века до н.э., – одного из 11 известных ныне городищ скифского времени.

Вторая почва – чернозем зоотурбированный карбонатный, среднесуглинистый на насыпной толще оборонительного вала, погребающего темногумусовую легкосуглинистую почву на тяжелом лессовидном суглинке. Разрез «Белгородский вал» бал заложен на валу Белгородской засечной черты.

Особенность пробоотбора заключалась в том, что образцы были взяты через каждые 5 см. Это позволяет избавиться от субъективной оценки в выделении границ почвенных горизонтов; снизить разброс показателей между соседними точками; выявить малейшие изменения показателей по почвенному профилю.

Погребение почв на обоих объектах возникло в результате сооружения оборонительных валов. Мы обозначили данные разрезы как «Скифское городище» – разрез СГ и «Белгородский вал» – разрез БВ.

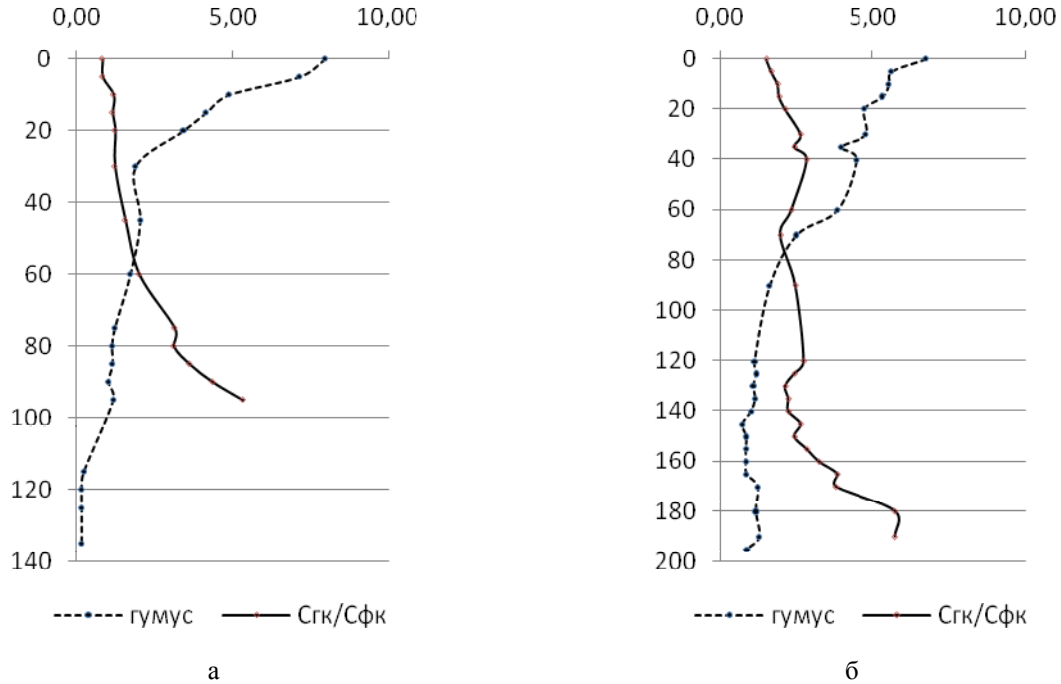
В работе использовались следующие методики: метод щелочного гидролиза для выделения препаратов гуминовых кислот (ГК); содержание углерода по Тюрину; анализ группового состава гумуса по Кононовой-Бельчиковой; изучение действия ГК на метаболизм водоросли Chlorella vulgaris.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным лабораторных анализов почва скифского городища отличается нейтральной реакцией среды, в нижних горизонтах переходящей в слабощелочную и довольно растянутым, постепенно убывающим гумусовым профилем (рис. 1а). Соотношение Сгк/Сфк в погребенном горизонте очень высокое, это можно объяснить тем, что при погребении в результате резкого снижения поступления свежих органических остатков менее стабильные ФК разрушаются микрофлорой, а более устойчивые ГК относительно накапливаются.

Для чернозема Белгородского вала (рис. 1б) также характерен растянутый гумусовый профиль. В отличие от Скифского городища погребенный гумусовый горизонт более заметно выделяется аналитически по содержанию органического вещества, за счет того, что возраст её погребения меньше, а также возможно было выше изначальное количество органического вещества. Соотношение Сгк/Сфк как и в предыдущем объекте увеличивается в погребенном горизонте.

Из дневных и погребенных гумусовых горизонтов методом щелочного гидролиза были выделены 4 препарата ГК. По данным элементного состава ГК (табл. 1) видно, что в погребенном горизонте Белгородского вала наблюдается уменьшение степени окисленности, что может свидетельствовать о снижении интенсивности гумификации. Для Скифского городища степень окисления ГК дневной поверхности соответствует литературным данным, но в ГК погребенного горизонта наблюдается увеличение степени окисления, что может быть связано с большим возрастом погребения и соответственно длительностью процесса биогенного разрушения ГК.



а б

Рисунок 1. Изменение содержание гумуса и Сгк/Сфк по профилю, %.
(а- Скифское городище, б – Белгородский вал)

О существенной перестройке молекулярной структуры ГК свидетельствует и соотношение C:H, которое в ГК погребенных почв увеличивается почти на 10 %! Расчет энергетических параметров макромолекул гуминовых кислот по Алиеву показал, что во всех почвенных профилях показатель теплоты сгорания в препаратах ГК увеличивался в погребенном горизонте, что также характеризует повышение конденсированности молекул гуминовых кислот в результате погребения почвы.

Таблица 1. Результаты обработки данных элементного анализа ГК.

Образец ГК	Атомные соотношения			Теплота сгорания по С.А.Алиеву, кал/г	Степень окисленности
	C:H	C:O	C:N		
СГ 0-5	0,90	1,84	11,25	4194	-0,03
СГ 80-85	1,09	2,13	16,48	4371	0,02
БВ 0-5	1,03	2,02	12,67	4399	0,04
БВ 180-185	1,12	2,44	11,26	5056	-0,07

Результаты определения оптической плотности ГК (рис. 2), показывают, что она увеличивается в ГК обеих погребенных почв. Это может косвенно свидетельствовать об относительном накоплении конденсированных ароматических структур с высоким содержанием двойных C=C связей. Сравнивая полученные результаты с данными описанного выше элементного анализа, можно отметить, что для ГК погребенных горизонтов, имеющих наиболее высокие значения оптической плотности характерны самые высокие атомные отношения C/H.

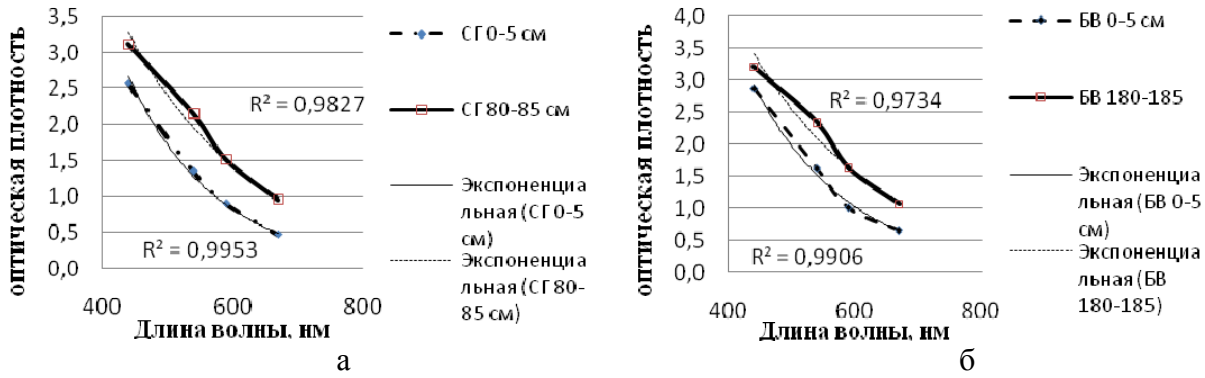


Рисунок 2. Результаты определения оптической плотности препаратов ГК (а- Скифское городище, б – Белгородский вал)

Для того, чтобы проследить, как сильно изменяются функциональные параметры ГК в погребенных горизонтах, мы провели исследование физиологической активности выделенных препаратов гуминовых кислот. В качестве параметров физиологической активности измерялись валовая первичная продукция, показатель деструкции органического вещества и чистая первичная продукция водоросли *Chlorella vulgaris*.

Полученные результаты показали, что все препараты гуминовых кислот верхних горизонтов обладают ярко выраженным физиологически активным действием на клетки водоросли *Chlorella vulgaris*, в то время как ГК погребенных горизонтов либо не оказывают существенное воздействие на фотосинтез, либо способны даже его подавлять в определенных концентрационных пределах.

Из анализа кривых прироста показателя валовой первичной продукции (рис. 3) можно заключить, что в области высоких концентраций (0.007–0.009 %) у ГК дневных горизонтов не наблюдается снижения стимулирующего эффекта, как об этом часто говорится в литературе, а, наоборот, в этой области концентраций ГК хлорелла дает максимальный процентный прирост. Несколько иную картину изменения физиологической активности мы наблюдаем в случае ГК погребенных почв. В отличие от верхних горизонтов, в погре-

бенной почве скифского городища наблюдается либо слабовыраженный, либо отрицательный эффект на фотосинтез *Chlorella vulgaris*.

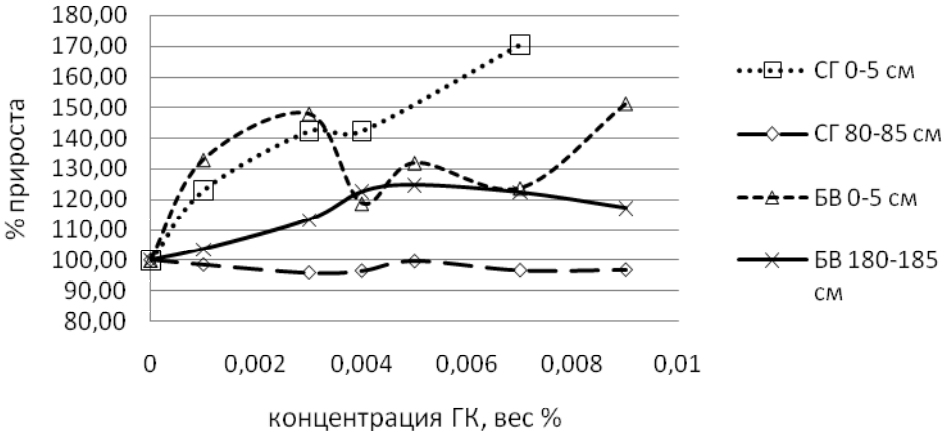


Рисунок 3. Изменение величины валовой первичной продукции (фотосинтез) Chlorella vulgaris под действием препаратов гуминовых кислот.

Изучение влияния препаратов гуминовых веществ на деструкцию органического вещества (рис. 4) показало, что их эффект весьма противоречив. Некоторые препараты интенсифицируют процесс дыхания, другие, наоборот, подавляют данный метаболический процесс. ГК, извлеченные из верхних горизонтов обоих изученных объектов почти не ингибируют дыхание клеток водоросли, и в целом можно сказать, что деструкция органического вещества практически не отличается от контрольного варианта. ГК погребенных горизонтов проявляют ингибирующий эффект во всех изученных диапазонах концентраций.

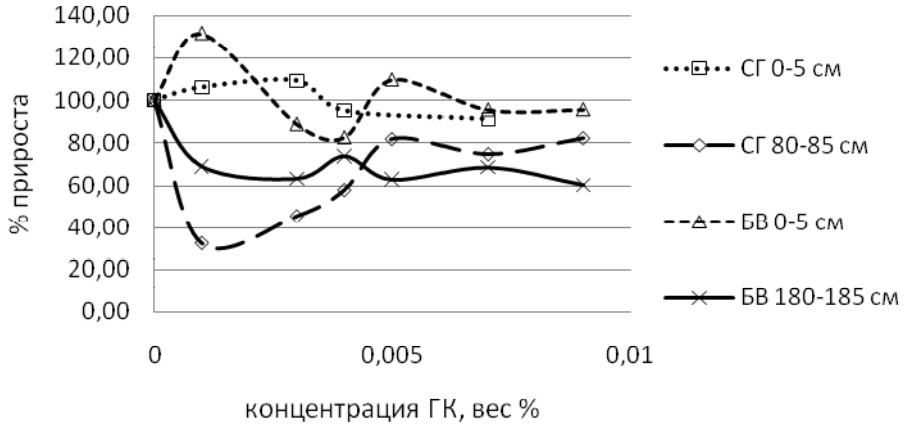


Рисунок 4. Изменение величины деструкции органического вещества (дыхания) Chlorella vulgaris под действием препаратов гуминовых кислот

Величиной, суммирующей действие препаратов ГК на фотосинтез и дыхание клеток водоросли *Chlorella vulgaris*, является показатель чистой первичной продукции (рис. 5). Все выделенные нами препараты ГК оказывают стимулирующий эффект, но для препарата ГК погребенного горизонта скифского городища прирост почти не заметен, а его максимум при концентрации 0,001 % скорее всего вызван сильным угнетением дыхания при данной концентрации ГК.

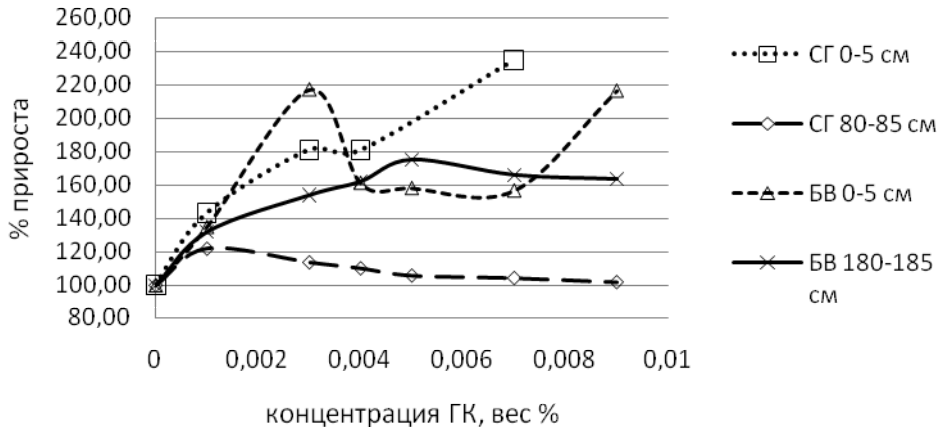


Рисунок 5. Изменение величины чистой первичной продукции Chlorella vulgaris под действием препаратов гуминовых кислот

ВЫВОДЫ

1. В почвах исследованных археологических памятников отмечены существенные различия в физико-химических параметрах и в составе органического вещества между погребенными и современными дневными горизонтами.
2. Общее содержание углерода и аномально высокие значения показателя Сгк/Сфк в погребенных горизонтах свидетельствуют о существенной трансформации всей системы органического вещества этих почв, протекающей в условиях резкого дефицита свежих растительных остатков.
3. Оценка структурно-функциональных параметров ГК погребенных и дневных горизонтах указывает на увеличение ароматичности молекул ГК погребенных гумусовых горизонтов.
4. Изменение в свойствах гуминовых кислот при погребении отражается на их физиологической активности в отношении водоросли Chlorella vulgaris, что выражено в подавлении ее дыхания.
5. Полученные нами данные свидетельствуют о существенной трансформации в условиях погребения (как органического вещества почв в целом, так и ГК), которая заключается в относительном накоплении более устойчивых ГК и общем повышении их устойчивости и изменении характера их биохимического воздействия на живые организмы, возрастающих с возрастом археологического памятника.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бирюкова О. Н., Орлов Д. С.* Состав и свойства органического вещества погребенных почв // Почвоведение. 1980. № 9. С. 49–64.
2. *Ванькович Г. Н., Бессонова А. С., Колтун В. Д.* К вопросу о плодоодии погребенной почвы // Тр. Кишинев. с.-х. ин-та. 1976. Т. 165. С. 5–10
3. *Геннадиев А.Н.* Почвы и время: модели развития // М.: Изд-во МГУ, 1990. С. 232.
4. *Дергачева М. И, Зыкина В. С.* Состав гумуса плейстоценовых ископаемых почв Новосибирского Приобья // Геология и геофизика. 1978. № 12. С. 16–26.
5. *Дергачева М. И.* Органическое вещество почв: статистика и динамика. Новосибирск, 1984.
6. *Колтун В. Д.* Производительная способность погребенных почв // Пути повышения плодородия и обработка почв в севооборотах // Сборник научных статей. Кишинев, 1982. С. 16–24.
7. *Морозова Т. Д., Чичагова О. А.* Исследование гумуса ископаемых почв и их значение для палеогеографии // Почвоведение. 1968. № 6. С. 18–26.
8. *Чичагова О. А.* О составе гумуса погребенных почв различных типов почвообразования // Геогр. сообщение. М., 1961. Вып. 2. С. 48–53.
9. *Якименко О.С., Седов С.Н., Соллейро Д.* Гумусное состояние современных и погребенных вулканических почв Мексики и его значение для палеогеографической интерпретации почвенных серий // Почвоведение. 2007. №3 С. 305-308.

10. *Bronger A., Winter R., Heinkele T.* Pleistocene climatic history of east and central Asia based on paleopedological indicators in loess-paleosol sequences // Catena. 1998. № 34. P. 99-122.

Работа рекомендована д.б.н., проф. С.Н. Чуковым.

УДК 631.467:635.116

ДИНАМИКА ФИТОТОКСИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ В ЗЕРНОСВЕКЛОВИЧНЫХ АГРОФИТОСИСТЕМАХ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

О.И. Бородкин

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова, Воронежская область, Рамонский район, ВНИИСС

Сахарная свекла способствует накоплению фитотоксичности, вызывая почвоутомление. В утомленной почве наблюдается перегруппировка в составе микробного сообщества в направлении уменьшения количества бактерий и увеличения доли микромицетов, среди которых преобладают фитопатогены. Пар и посевы зерновых культур снижают токсичность почвы, запуская естественные механизмы саморегуляции микробного сообщества в агрофитосистемах.

В Центрально-Черноземном регионе наиболее распространены агрофитосистемы (АФС), эдификатором которых является сахарная свекла. Хотя в состав АФС входят пар, зерновые, и другие культуры, по нагрузке на почву и окружающую среду сахарная свекла является наиболее интенсивной по степени механического (обработка почвы) и химического (удобрения, пестициды) воздействия. В результате такого прессинга нарушается структура микробного сообщества (МСО), и повышаются фитотоксические свойства чернозема. Известно, что озимая пшеница способствует снижению почвоутомления, однако, роль других культур зерносвекловичных агрофитосистем в формировании МСО чернозема еще не выявлена [1, 2, 10].

Объекты и методы

Объектом исследований является чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный расположенный на территории Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова приуроченной к лесостепной почвенно-климатической зоне. Исследования проводили в паровом звене зерносвекловичного севооборота: черный пар, озимая пшеница, сахарная свекла (на фоне без удобрений и на фоне $N_{100}P_{100}K_{100}$), ячмень (без удобрений и использующий последействие минеральных удобрений). Образцы почвы отбирали из пахотного горизонта.

Учет численности таксономических и эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов проводили методом высева почвенной суспензии на элективные питательные среды по методикам кафедры биологии почв Московского Госуниверситета и ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Фитотоксичность почвы определяли в почвенных вытяжках, используя метод проращивания семян в рулонах. В качестве тест – культуры использовали семена редиса [4, 5, 6, 8].

Результаты и обсуждения

В результате исследований установлено, что каждая культура зерносвекловичного севооборота оказывает значительное влияние на состав микробного сообщества. Возделывание сахарной свеклы оказывает стрессовое воздействие на почвенную микрофлору, в результате чего происходит превышение порога фитотоксичности почвы.

В утомленной почве наблюдается перегруппировка в составе микробного сообщества в направлении увеличения доли микромицетов и тенденция к уменьшению количества бактерий. По соотношению рассматриваемых таксономических групп микроорганизмов

© О.И. Бородкин, 2009

(ОП – относительный показатель), в определенной степени, можно судить о направленности почвенно-биологических процессов [3, 7].

Наиболее широким отношением бактерии – микромицеты характеризовались посевы озимой пшеницы ОП×10^{-3} = 1.11 и парующая почва ОП×10^{-3} = 1.07, что свидетельствует о значительном преобладании бактерий в составе МСО (табл. 1). Под посевами сахарной свеклы численность бактериальной микрофлоры испытывала угнетение и сокращалась, а микромицетов, наоборот, увеличивалась. Относительный показатель под посевами на удобренном и неудобренном фонах составил 0.31 и 0.38 соответственно, что согласуется с данными о фитотоксичности почвы. Посевы ячменя способствовали частичному восстановлению численности бактериальной микрофлоры, и относительный показатель возрастал до 0.63–0.69.

Таблица 1. Влияние основных культур зерносвекловичного севооборота на относительный показатель численности бактерий и микромицетов (ОП×10^{-3}).

Вариант	осень	весна	лето	осень
Пар	0.66	1.07	0.64	
Озимая пшеница	1.11	0.92	0.45	
Сах. свекла $N_0P_0K_0$		0.47	0.38	0.72
Сах. свекла $N_{100}P_{100}K_{100}$		0.56	0.31	0.60
Ячмень $N_0P_0K_0$		0.60	0.63	
Ячмень послед–е $N_{100}P_{100}K_{100}$		0.56	0.69	

В целом, у всех основных групп микроорганизмов имеются фитотоксичные формы, но наибольшее их количество обнаружено среди микромицетов, что подтверждается в наших исследованиях высокой корреляционной зависимостью между фитотоксичностью почвы и содержанием в ней микроскопических грибов – коэффициент корреляции составлял 0.7. Наиболее значительное количество их найдено среди микромицетов рода Penicillium, Aspergillus, Fusarium, Alternaria [7].

Результаты исследований показали, что в пару с осени активизировалось развитие грибной микрофлоры, принимающей активное участие в разложении пожнивных остатков ячменя. Численность микромицетов составляла 47 тыс. КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы. Весной их количество снижалось и оставалось на том же уровне в течение всего вегетационного периода (рис. 1).

В парующей почве бактериальная микрофлора наиболее активно развивалась в весенний период, что связано с усилением процессов аммонификации и иммобилизации азота (рис. 2).

исленность микроскопических грибов под посевами озимой пшеницы изменялась согласно динамике поступления в почву корневых экссудатов и отмирающих корневых волосков. Осенью, когда пшеница находилась в фазе кущения, численность микромицетов была минимальной, весной их количество возрастало, а к концу вегетации культуры, когда начинается активное отмирание корневой системы – повышалось и достигало 50 тыс. КОЕ. С увеличением доли микромицетов, численность бактериальной микрофлоры сокращалась.

В агрофитосистемах чернозема выщелоченного наиболее благоприятные условия для развития грибной микрофлоры складывались под посевами сахарной свеклы. В первой половине вегетационного периода численность микромицетов под посевами культуры на неудобренном фоне сохранялась на уровне 42–48 тыс. КОЕ. К концу вегетации сахарной свеклы на фоне без удобрений, численность микромицетов снижалась вследствие развития бактериальной микрофлоры.

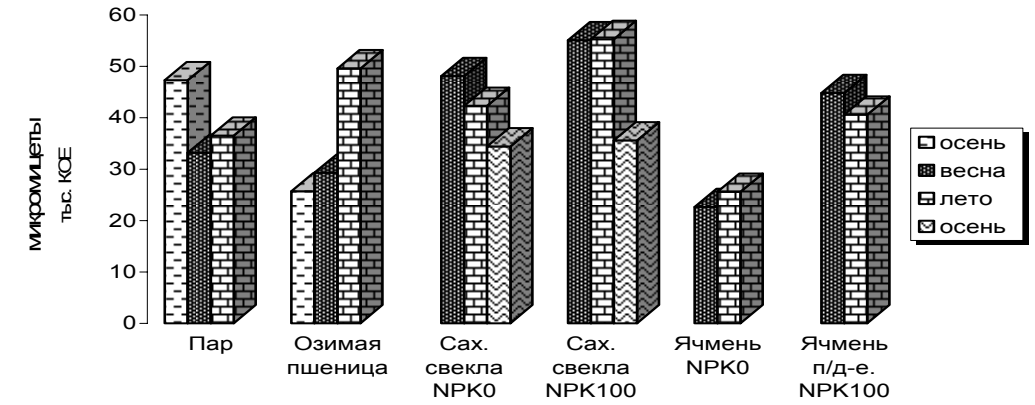


Рисунок 1. Динамика численности микромицетов в почве парового звена зерносвекловичнго севооборота.

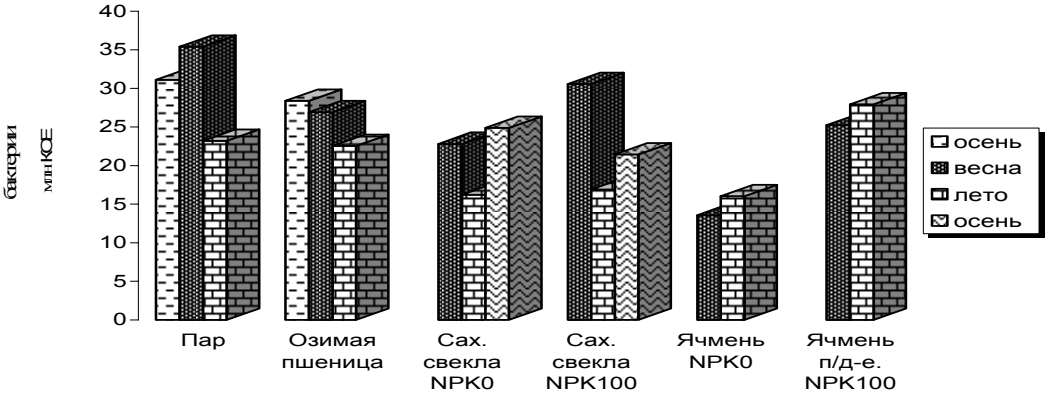


Рисунок 2. Динамика численности бактерий в почве парового звена зерносвекловичного севооборота.

Вносимые в почву удобрения стимулировали развитие микромицетов. В весенне-летний период их численность достигала 55 тыс. КОЕ в 1 г абс. сух. почвы.

Под посевами ячменя на фоне без удобрений численность микромицетов составляла 23–26 тыс., а бактерий 14–16 млн. КОЕ. Последействие применяемых удобрений стимулировало развитие грибной и бактериальной микрофлоры в 1.5–2 раза.

Наибольший интерес представляет родовая структура комплекса микромицетов в зерносвекловичном севообороте. В парующей почве и под посевами озимой пшеницы доминировал род Penicillum, под посевами ячменя на фоне без удобрений – Trichoderma (табл. 2). Под посевами сахарной свеклы и ячменя на фоне последействия удобрений преобладали микромицеты, которые на классической среде Чапека не достигали спороношения, поэтому их определение было затруднительным. Но по Билаю значительную долю почвенных микромицетов, кроме уже названных, составляют роды Fusarium, Alternaria, Cladosporium, Rhizopus, среди которых много патогенов сахарной свеклы, вероятно, их численность под этими культурами и увеличивалась [6, 7].

По Звягенцеву Д.Г. фитотоксичной почва считается, если происходит угнетение прорастания семян на 20 % и более [4].

В наших исследованиях фитотоксических свойств почвы установлено, что максимальное почвоутомление наблюдается под посевами сахарной свеклы как на удобренном, так и на неудобренном фонах (табл. 3). По сравнению с контролем (дистиллированная вода), наблюдалось ингибирование роста тест – культуры на 33 и 32 % соответственно.

Пар, посевы озимой пшеницы и ячменя на фоне без удобрений, оказывали наименьшее токсическое действие на тест – культуру, снижая массу 100 растений на 15 % относительно контроля.

Таблица 2. Родовая структура комплекса микромицетов в почве парового звена зерносвекловичнго севооборота.

Род микромицетов	Микромицеты, %					
	Пар	Озимая пшеница	Сах. свекла $N_0P_0K_0$	Сах. свекла $N_{100}P_{100}K_{100}$	Ячмень $N_0P_0K_0$	Ячмень послед–е $N_{100}P_{100}K_{100}$
Mucor	4.19	9.89	3.13	2.80	н.в.	1.52
Aspergillus	3.13	17.9	1.47	1.61	н.в.	1.52
Penicillum	60.7	32.4	15.3	28.7	27.5	10.7
Trichoderma	17.3	14.6	4.50	16.9	37.5	5.36
Другие, в т.ч. Alternaria, Fusarium, Cladosporium	14.7	25.2	75.6	50.0	35.0	80.9

Под посевами ячменя на фоне последействия $N_{100}P_{100}K_{100}$ фитотоксичность возрастала в большей степени, чем под посевами ячменя на фоне без удобрений. Развитие тест – культуры снижалось на 18 % по сравнению с контролем.

Таблица 3. Влияние основных культур зерносвекловичного севооборота на накопление фитотоксических свойств чернозема выщелоченного

Вариант	Масса 100 растений, г	%, токсичности
Контроль	20.5	–
Пар	17.6	14
Озимая пшеница	17.4	15
Сах. свекла $N_0P_0K_0$	14.0	32
Сах. свекла $N_{100}P_{100}K_{100}$	13.7	33
Ячмень $N_0P_0K_0$	17.6	14
Ячмень послед–е $N_{100}P_{100}K_{100}$	16.7	18
$НСР_{05}$	0.76	

Динамику фитотоксических свойств чернозема выщелоченного в зерносвекловичных агрофитосистемах определяет структура микробного сообщества. Угнетение бактериальной и увеличение численности грибной микрофлоры, перестройка в комплексе микромицетов и накопление фитопатогенов под посевами сахарной свеклы отрицательно сказывалось на фитосанитарном состоянии почвы. Введение в севооборот пара и посевов зерновых культур способствовало восстановлению численности бактериальной микрофлоры, что способствовало снижению почвоутомления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агротехнологии зерновых и технических культур* в Центральном Черноземье / В.А.Федотов, А.К.Свиридов, С.В.Федотов и др.: Под ред. В.А. Федотова. – Воронеж, 2004. — 154 с.
2. *Безлер Н.В.* Фитотоксичность почв свекловичных севооборотов / Н.В. Безлер, Е.В. Куликова, Д.И. Щеглов, Е.А. Дворянки и др. // Сахарная свекла. – 2006, – № 10. – С. 11 – 15.
3. *Возняковская Ю.М.* Регулирование почвенно-микробиологических процессов в севооборотах интенсивного типа как одно из условий повышения эффективности земледелия / Ю. М. Возняковская // Микробиологические факторы трансформации органического вещества и плодородие почвы / Труды ВНИСХМ. – Л. – 1988. – 167 с.
4. *Звягинцев Д.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк. – М.: МГУ, 1991. – 224 с.
5. Казаков Е.Ф. Методы оценки качества зерна / Е.Ф. Казаков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 215 с.

6. *Литвинов М.А.* Определитель микроскопических почвенных грибов / М.А. Литвинов. – М.: Наука., 1967. – 302 с.
7. *Микромицеты почв* / В.И. Билай, И.А. Элланская, Т.С. Кириленко и др.: Под общ. ред. В.И. Билай. — Киев: Наук. думка, 1984. — 264 с.
8. *Основные микробиологические и биохимические методы* исследования почв / Под общ. ред. Ю.М. Возняковской // Методические рекомендации / ВНИСХМ. – Л. – 1987.–47 с.
9. *Теппер Е.З.* Практикум по микробиологии: Учебное пособие для вузов / Е. 3. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева; Под ред. В. К. Шильниковой. — М.: Дрофа, 2004. — 256 с.
10. *Щербаков А.П.* Фитотоксичность чернозема под агрофитоценозами */ А.П. Щербаков, И.Д. Свистова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – № 6. – С. 23–25.*

Работа рекомендована д.с.-х.н. Н.В. Безлер, к.с.-х.н. М.А. Сумской.

УДК 631.445.4

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

С.Л. Быкова

ФГОУ ВПО Новосибирский государственный аграрный университет

Всякий почин в изучении наших почв, откуда бы он ни исходил,
всякий шаг по данному пути, как бы мал он не был, заслуживает
нашего полнейшего внимания и возможного содействия
Докучаев В.В.

В работе приводятся экспериментальные данные, характеризующие общие закономерности изменений основных свойств чернозема выщелоченного при длительном сельскохозяйственном использовании (более 30 лет). Выявлены изменения гумусового состояния, суммы поглощенных катионов, агрегатного состава исследуемой почвы.

Чернозем выщелоченный Новосибирского Приобья обладает значительными запасами гумуса и считается одной из лучших пахотных почв Западной Сибири (Ковалев, 1966). Однако показатели эффективного плодородия пахотных черноземов постоянно снижаются.

Поэтому цель наших исследований – изучить и дать агроэкологическую оценку изменениям свойств чернозема выщелоченного при длительном сельскохозяйственном использовании. За основу взяты данные полевых обследований и результаты химических анализов 1974 года (Сиухина,1980). Повторные исследования выполнены в 2007 году.

Объектом изучения является чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный среднесуглинистый иловато-крупнопылеватый учебно-опытного хозяйства НГАУ «Тулинское», расположенного в лесостепной дренированной зоне Западно-Сибирской провинции и Приобском районе выщелоченных черноземов.

Лабораторно-аналитические анализы выполнены по общепринятой методике (Воробьева, 1998; Кауричев, 1973).

Потенциальное плодородие сибирских черноземов довольно высокое, но, подвергаясь мощному антропогенному прессу их основные свойства, особенно содержание и запасы гумуса, претерпевают заметную трансформацию преимущественно деградационного характера (Кленов, 2000).

© С.Л. Быкова, 2009

Анализ проведенных исследований показал, что за временной промежуток (более 30 лет) содержание гумуса в пахотном слое уменьшилось с 8.24 до 5.62 %, потери в пахотном слое составляют 31.8 %.

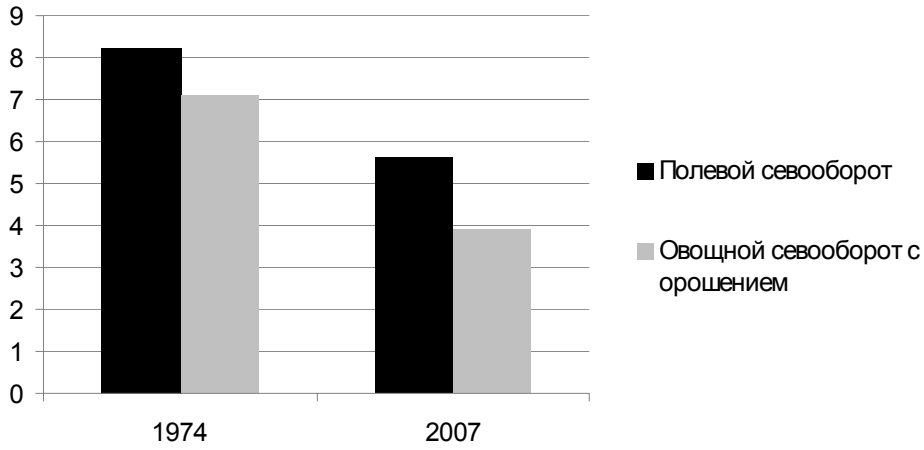


Рисунок. Содержание гумуса в слое 0–20 см, %.

Наиболее заметно это проявляется в черноземе при длительном орошении овощных культур нормой 1200–2500 м^3/га и периодическом внесении навоза 40–50 т/га. Известно, что запасы корней в агроценозах овощных культур невелики, и при уборке корне- и клубнеплодов происходит ежегодное отчуждение почвенного мелкозема. В условиях орошения создается более благоприятный гидротермический режим, при котором активизируются биологические процессы. Внесение в почву органических удобрений вызывает активизацию почвенной микрофлоры, которая способствует интенсивной минерализации гумуса. Поэтому содержание гумуса в черноземе овощного севооборота в слое 0–20 см уменьшилось на 45 %. Высокие темпы снижения органического вещества отмечены по всему гумусовому профилю. Уменьшение содержания гумуса в полевом севообороте несколько ниже. Пахотный слой потерял около 18 % гумуса, увеличение количества растительных остатков, поступающих в почву и эпизодически вносимые органические удобрения интенсифицирует гумификацию, однако не на столько, чтобы радикально повысить степень гумусированности чернозема.

Длительное сельскохозяйственное использование чернозема выщелоченного привело к снижению содержания всех групп гумусовых веществ, но не в одинаковой степени. В наибольшей мере минерализационные процессы затронули группу гуминовых кислот, общее содержание которых уменьшилось в 1.3–1.6 раза. Это отразилось на величине отношения $C_{ГК}$: $C_{ФК,}$ которая уменьшилась в пахотном слое с 2.4 до 1.7.

Использование выщелоченных черноземов в земледелии приведшее к уменьшению содержания гумуса не могло не оказать негативное влияние на емкость катионного обмена.

Таблица 1. Содержание обменных катионов, мг-экв/ 100 г почвы.

Глубина, см	Полевой севооборот		Овощной севооборот	
	1974 г.	2007 г.	1974 г.	2007 г.
	Ca^{2+}+Mg^{2+}	Ca^{2+}+Mg^{2+}	Ca^{2+}+Mg^{2+}	Ca^{2+}+Mg^{2+}
0–10	42.50	34.85	43.76	28.00
10–20	40.85	36.25	44.59	28.12
20–30	40.27	34.94	39.52	26.80
30–40	26.30	26.69	23.57	25.16
60–70	19.71	29.89	21.76	22.43

На основании полученных данных (таблица 1) было установлено, что в почве овощного севооборота значительно уменьшилась сумма кальция и магния в пахотном горизонте на 37 %, тогда как в полевом севообороте на 18 %. Вместе с тем содержание кальция и магния в почве полевого севооборота остается довольно высоким (до 36.25 мг-экв/100 г), что свидетельствует о достаточной устойчивости коллоидного комплекса данной почвы. В составе поглощенных катионов преобладает кальций. Степень насыщенности основаниями составляет 97 %.

Уменьшение содержания гумуса и обменного кальция оказало влияние на агрегатный состав исследуемой черноземов. Анализ проведенных исследований показал (табл. 2), что при вовлечении черноземов в сельскохозяйственное использование прослеживается высокий уровень структурной деградации почвы. Можно отметить огрубление структуры пахотного горизонта. В соответствии с ростом глыбистости наблюдается уменьшение количества агрономически ценных агрегатов и коэффициента структурности, что сопровождается формированием в засушливый период практически постоянной системы вертикальных трещин.

Таблица 2. Агрегатный состав чернозема выщелоченного.

Варианты	Глубина образца, см	Размер агрегатов, мм Содержание фракций, % от массы воздушно-сухой почвы								Коэффициент структурности
		>10	10–5	5–3	3–2	2–1	1–0.5	0.5–0.25	<0.25	
Полевой севооборот 1974	0–20 20–40	22.67 24.64	13.04 13.52	9.91 12.77	6.49 8.47	9.96 11.10	9.25 8.42	10.12 8.31	18.55 12.76	1.4 1.7
Полевой севооборот 2007	0–20 20–40	25.95 28.30	11.86 12.65	14.15 9.48	7.71 6.60	10.07 14.00	3.29 4.25	7.13 7.89	19.79 16.75	1.2 1.3

Наиболее значимые изменения отмечены в орошаемом черноземе. В этом варианте содержание глыбистой фракции в пахотном слое возросло на 14 %, в то время как содержание агрегатов 1–3 мм уменьшилось в 1.5 раза. Следствием этого является формирование бесформенных глыб, что приводит к ухудшению качества обработки и образованию корки после выпадения осадков и орошения.

С уровнем деградации структуры чернозема выщелоченного на пашне и при орошении хорошо коррелирует уплотнение верхнего горизонта. Плотность сложения почвы увеличивается на 0.3 и 0.5 г/см^3, а пористость уменьшается на 10–12 %.

Аналогичные выводы о деградации структуры чернозема выщелоченного при длительном сельскохозяйственном использовании отмечены в работах (Ковда, 1983; Сиухина, 2007; Татаринцев, 2005; Чащина, 1976).

Проведенные исследования свидетельствуют о негативных последствиях более чем 30-летнего земледельческого использования выщелоченного чернозема, приведших к значительному снижению содержания гумуса, ухудшению его качественного состава, уменьшению содержания обменных катионов кальция и магния. При сохранении отмеченных негативных тенденций прогнозируется дальнейшая деградация черноземов.

Полученные результаты необходимо принимать во внимание при разработке мероприятий с целью сохранения и воспроизводства эффективного плодородия черноземных почв на агроэкологической основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воробьева Л.А.* Химический анализ почвы./ Л.А. Воробьева – М.: Изд-во МГУ, 1998
2. *Кауричев И.С.* Практикум по почвоведению./ И.С. Кауричев – М.: Колос, 1973.- 272 с.

3. *Кленов Б.М.* Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири./ Б.М. Кленов - Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000.-176 с.
4. *Почвы Новосибирской области* / под ред. Р.В. Ковалева. - Новосибирск, Наука,1966.-442 с.
5. *Русский чернозем:* 100 лет после Докучаева, / под ред. В. А. Ковда, Е.М. Самойлова.- М.: Наука, 1983. – 304 с.
6. *Сиухина М.С.* Пахотнопригодные почвы учхоза «Тулинское»./ М.С. Сиухина // Физико-химические свойства почв и вопросы поливного земледелия в НСО. Сборник научных трудов. Том 127. Новосибирск 1980. С. 28–34.
7. *Сиухина М.С.* Сравнительная характеристика свойств целинного и старопахотного чернозема// Эволюция и деградация почвенного покрова: материалы третьей Международной научно-практической конференции. Ставрополь: СтГАУ, 2007. 52–54 с.
8. *Татаринцев Л.М.* Физическое состояние пахотных почв юга Западной Сибири: монография. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005.300 с.
9. *Чащина Н.И.* Черноземы выщелоченные и оподзоленные / Агрофизическая характеристика почв Западной Сибири. / Новосибирск: Наука, 1976, с. 274–305.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доцентом М.С. Сиухиной.

УДК 631.4(471.327)

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ И ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДЕМУТАЦИИ

Ю.А. Вяль, А.В. Шиленков, А.В. Симоненкова

Пензенский государственный педагогический университет

На примере чернозема выщелоченного исследованы изменения уреазной и каталазной активности, структурного состояния и содержания гумуса под воздействием восстановления травянистой растительности на месте агроценозов.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение процессов в почвах, вышедших из активного сельскохозяйственного оборота – это актуальное направление современного почвоведения, поскольку позволяет определять их дальнейшую судьбу с точки зрения наибольшей экологической и экономической целесообразности.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа проводилась на территории дачного массива (в 10 км от г. Пензы) и землях прилегающего к нему животноводческого хозяйства в 12 вариантах: поле под бессменным выращиванием картофеля (К), поле под многолетними бобовыми травами (козлятник восточный) (Б), залежи в возрасте одного (З–1), трех (З–3), пяти (З–5), восьми (З–8), десяти (З–10), пятнадцати лет (З–15), находящиеся на разных стадиях демутации, участки с луговой растительностью (Л). Почвы всех участков – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый на карбонатном делювии, по новой классификации чернозем глинисто-иллювиальный. Для каждого участка были выполнены геоботанические описания. Почвенные образцы отбирали в 3 декаде сентября 2008 года из верхней части гумусового горизонта с глубины 0–10 см. Структурное состояние определяли по Н. И. Саввинову, каталазную активность – перманганатометрическим методом Джонсона и Темпле (Практикум по агрохимии, 2001), уреазную активность – методом Т. А. Щербаковой (Хазиев, 1990), гумус – методом И. В. Тюрина с фотоколориметрическим окончанием (Александрова, Найденова, 1986).

© Ю.А. Вяль, А.В. Шиленков, А.В. Симоненкова, 2009

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Земледельческое использование резко ухудшает структурное состояние почвы (табл. 1).

Таблица 1. Структурное состояние чернозема выщелоченного
(1 – по сухому образцу; 2 – после размыва)

Фракции, мм		Варианты											
		К	Б	З–1	З–3	З–3	З–5	З–5	З–8	З–10	З–15	$Л_1$	$Л_2$
> 10	1	33.6	28.9	31.0	13.2	18.6	7.7	24.3	30.1	15.2	25.4	1.0	5.1
	2	0.0	0.0	0.0	1.9	7.4	0.0	2.6	0.0	4.0	12.7	0.5	4.5
7–10	1	9.1	15.7	13.8	19.1	21.2	10.5	21.5	20.1	17.2	20.2	7.2	15.0
	2	0.0	1.7	0.0	2.9	3.9	0.7	6.1	2.7	6.0	7.5	8.4	6.3
5–7	1	8.4	12.9	7.4	12.8	18.5	15.1	16.2	15.4	18.6	14.2	15.0	19.4
	2	0.5	5.3	0.2	5.2	7.4	4.9	6.1	6.9	8.8	4.9	15.9	13.1
3–5	1	8.7	13.0	10.8	13.9	18.1	19.5	13.7	12.5	18.3	17.1	30.2	28.1
	2	3.7	12.9	0.9	9.5	12.8	12.0	13.1	11.7	14.3	8.8	25.4	18.1
1–3	1	21.0	20.0	21.4	24.0	17.0	30.6	17.0	16.0	22.3	15.2	32.0	24.4
	2	22.4	31.6	12.9	23.3	26.7	24.7	25.9	26.7	32.1	17.4	26.3	26.1
0.25–1	1	14.7	7.5	11.6	12.8	4.5	12.3	5.4	3.8	5.9	5.3	8.9	5.5
	2	42.9	30.2	44.9	30.7	25.0	34.2	24.2	27.2	21.3	28.4	12.7	16.3
< 0.25	1	4.5	2.0	4.0	4.2	2.1	4.3	2.0	2.1	2.5	2.6	5.7	2.5
	2	30.4	18.3	41.1	29.9	16.7	23.5	21.9	24.7	13.5	20.2	10.8	15.6
АЦА	1	61.9	69.1	65.0	82.6	79.3	88.0	73.8	67.8	82.3	72.0	93.3	92.4
	2	69.6	81.7	58.9	68.2	75.9	76.5	75.5	75.3	82.5	67.1	88.7	79.9

Доля агрономически ценных агрегатов диаметром 0.25–10 мм (АЦА) сухого образца снижается в среднем на 25–30 абс. % за счет увеличения глыбистой фракции (агрегаты крупнее 1 см). Наименее устойчивой оказываются ореховатая, крупнозернистая, и частично зернистая фракции (агрегаты диаметром 5–7, 3–5 и 2–3 мм соответственно) – их доля снижается в 2–3 раза.

Повышение глыбистости связано с обработкой почв тяжелого гранулометрического состава до достижения ими физической спелости.

При выведении чернозема из активного земледельческого использования наблюдается тенденция к восстановлению структуры. Это медленный процесс, т.к. и на 8-ми и на 15-ти летней залежи участие агрегатов диаметром более 1 см в сухом образце остается высокой.

Земледельческое использование влияет на водопрочность структурных отдельностей. При бессменном выращивании картофеля она резко снижается, на что указывает увеличение доли пылеватой фракции (на 26 абс. %) и мелкозернистой фракции (на 28 абс. %). Наименее устойчивы к размыву оказались глыбистые, ореховатые, мелкоореховатые отдельности – они полностью разрушились.

Введение в севооборот многолетних бобовых трав приводит к положительным тенденциям – доля водопрочных АЦА приближается к аналогичной величине черноземов луговых сообществ.

Восстановительные сукцессии приводят к постепенному повышению водопрочности.

Ухудшение агрегатного состава обрабатываемых почв обычно связывают с отрицательным балансом органического вещества (Абрамян, 1992). Результаты наших исследований также позволяют говорить о дегумификации чернозема выщелоченного при земледельческом использовании (табл. 2).

Применив корреляционный анализ, мы установили, что коэффициенты корреляции между содержанием гумуса и долей АЦА при рассеве по сухому образцу и в воде составляют 0.35 и 0.14 соответственно, что можно трактовать как довольно слабую зависимость.

Следовательно, существуют и другие факторы, обуславливающие нарушение структурного состояния чернозема выщелоченного при обработке и медленное его восстановление на залежах. Чтобы их установить, мы изучили биологическую активность почвы, используя такие показатели, как уреазная и каталазная активность (табл. 2).

Таблица 2. Содержание гумуса (СГ), уреазная (УА) и каталазная активность (КА) чернозема выщелоченного

Признак, ед. измерения	Варианты											
	К	Б	З–1	З–3		З–5		З–8	З–10	З–15	$Л_1$	$Л_2$
				Ц	П	Ц	П					
СГ, %	7.26 ±0.07	7.02 ±0.04	7.34 ±0.01	7.58 ±0.01	7.14 ±0.01	6.18 ±0.07	8.64 ±0.03	7.32 ±0.03	6.90 ±0.01	8.64 ±0.00	8.60 ±0.09	10.48 ±0.10
УА, мг $N\text{-}NH_4$/10 г за сутки	4.8 ±0.2	14.0 ±1.4	6.5 ±0.3	13.7 ±0.5	9.5 ±0.7	8.3 ±0.1	20.1 ±1.3	8.0 ±0.3	12.5 ±0.1	12.8 ±0.5	19.1 ±0.1	24.0 ±1.5
КА, мл 0.1 М $KMnO_4$/г за 20 мин	0.37 ±0.01	0.55 ±0.02	0.32 ±0.01	0.58 ±0.03	0.50 ±0.01	0.35 ±0.01	0.59 ±0.01	0.33 ±0.01	0.31 ±0.01	0.56 ±0.00	0.58 ±0.00	0.73 ±0.01

Примечание: в таблице приведены медии и ошибки репрезентативности; Ц – центральный, П – периферический участки.

Черноземы под луговыми ассоциациями могут быть оценены по шкале Д. Г. Звягинцева как среднеобогащенные уреазой. Бессменное возделывание картофеля резко снижает уреазную активность, которая составляет в среднем 20–25 % от активности луговых почв (это бедная почва по шкале Д. Г. Звягинцева). При выведении чернозема из активного использования наблюдается тенденция увеличения активности, но это происходит медленно: на залежи 15-ти летнего возраста она составляет 53–67 % от показателя почв луговых ассоциаций. Интенсивность этого процесса зависит от положения мелкоконтурных залежей относительно источников заноса вегетативных и семенных зачатков растений и сообществ микроорганизмов. Центральные залежи удалены от источников инспермации, периодически испытывают обкашивания и вследствие этого находятся на более ранних стадиях демутации. Периферические участки зарастают быстрее, что приводит к увеличению скорости восстановления уреазной активности по сравнению с центральными.

Включение в севооборот бобовых позволяет поддерживать уреазную активность чернозема на относительно высоком уровне. Видимо, это связано с особым азотным обменом бобовых: ПКО бобовых богаты азотистыми соединениями, которые в ходе превращений микрофлорой служат субстратом для фермента, поддерживая его активность на относительно высоком уровне. Семена бобовых обогащены уреазой.

С чем связано резкое снижение активности фермента при бессменном выращивании картофеля и медленное восстановление уреазной активности на залежах? Известно, что основным источником этого фермента в почве являются уробактерии – аэрофильные виды, осуществляющие гидролиз мочевины (Bacillus pasteurii, Sporosarcina ureae). По нашему мнению, деятельность этих бактерий угнетается в результате ухудшения водно-воздушного режима почв с нарушенной структурой. На это указывают следующие факты:

Во-первых, получены довольно высокие коэффициенты корреляции между уреазной активностью и содержанием АЦА в сухом образце (r=0.63) и содержанием водопрочных АЦА (r=0.54). Во-вторых, мы рассчитали коэффициенты корреляции между активностью фермента и долей в образце каждой фракции (табл. 3).

Как видно, существует сильная прямая зависимость между активностью уреазы и содержанием в почве агрегатов диаметром 2–7 мм и обратная зависимость между активностью и участием агрегатов диаметром менее 1 мм.

В-третьих, мы определили уреазную активность для каждой фракции одного из образцов – влажного луга (вариант $Л_1$) (рис. 1).

Таблица 3. Коэффициенты корреляции между ферментативной активностью и содержанием фракций.

Фракция, мм	Название фракции	Коэффициенты корреляции между ферментативной активностью и долей каждой фракции			
		При сухом просеивании		При просеивании в воде	
		УА	КА	УА	КА
> 10 мм	Глыбистая	–0.58	–0.42	0.19	0.35
7–10 мм	Ореховатая	0.1	0.16	0.64	0.53
5–7 мм	Мелкоореховатая	0.57	0.37	0.74	0.53
3–5 мм	Крупнозернистая	0.68	0.52	0.73	0.51
2–3 мм	Зернистая	0.62	0.37	0.66	0.46
1–2 мм		–0.18	–0.45	–0.09	–0.25
0.5–1 мм	Мелкозернистая	–0.36	–0.22	–0.81	–0.67
0.25–0.5 мм		–0.44	–0.29	–0.68	–0.39
< 0.25 мм	Пылеватая	–0.49	–0.4	–0.6	–0.43

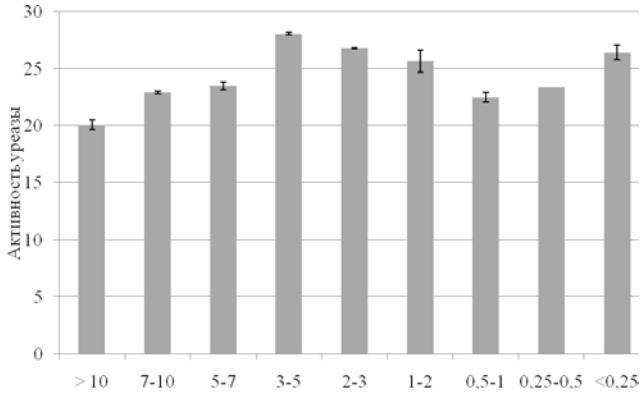


Рисунок 1. Активность уреазы чернозема выщелоченного в зависимости от фракции агрегатов, мг $N\text{-}NH_4$/10 г за сутки.

Оказалось, что почва разных фракций заметно отличается по активности фермента. Наибольшую активность показала почва в составе крупнозернистых и зернистых агрегатов, наименьшую – почва глыбистой фракции. Пылеватая фракция также по результатам данного опыта показывает высокую уреазную активность, что на первый взгляд противоречит данным табл. 3. Видимо, это можно объяснить тем, что высокая активность здесь обеспечивается количеством фермента, иммобилизованным на тонкодисперсном материале, а не активностью каждой молекулы.

Все это указывает на то, что структурное состояние – это фактор уреазной активности. В хорошо оструктуренных почвах с преобладанием крупнозернистых, зернистых, отчасти мелкоореховатых агрегатов, создаются благоприятные условия для жизнедеятельности уробактерий. Резкое увеличение глыбистой фракции в сухом образце в обрабатываемых почвах, низкая водопрочность агрегатов и значительное увеличение пыли под действием воды приводит к нарушению оптимального соотношения макро- и микропор и в целом к ухудшению условий жизни аэрофильных бактерий. Так как агрегатное состояние почвы восстанавливается медленно, это сдерживает биологическую активность почвы, что находит выражение в низкой уреазной активности. Хотя нельзя исключать влияние и других факторов – вероятную ингибирующую роль инсектицидов; дегумификацию, т.к. коэффициенты корреляции (r=0.8) между активностью уреазы и содержанием органического вещества говорят о сильной положительной зависимости. С

другой стороны, мы можем предположить о существовании и обратной связи – оструктуривающей роли деятельности почвенных бактерий.

Каталазная активность при бессменном выращивании картофеля также подавлена – составляет 51–64 % от величины, установленной для черноземов под луговыми ассоциациями (табл. 2), т.е. в меньшей степени по сравнению с УА. По нашему мнению, это может быть связано как с более комплексным по сравнению с уреазой источником поступления этого фермента в почву, так и с меньшей его чувствительностью к неблагоприятным факторам. На это указывают меньшие коэффициенты корреляции: между активностью каталазы и долей АЦА в сухом образце (0.46), и водопрочных АЦА (0.28); между активностью каталазы и долей каждой фракции (табл. 3). Восстановление КА при демутациях происходит несколько быстрее по сравнению с активностью гидролитического фермента, но обнаруживает те же зависимости. Введение в севооборот бобовых позволяет поддерживать на относительно высоком уровне активность каталазы.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ. 1. Использование чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого для бессменного возделывания картофеля на дачных участках снижает его ферментативную активность из-за нарушения водно-воздушного режима по причине резкого ухудшения структурного состояния, а также дегумификации. Соблюдение принципа плодосмена с включением в состав севооборота бобовых поддерживает биологическую активность на уровне, близком к почвам луговых ассоциаций.

2. При выведении из активного земледельческого использования наблюдаются процессы восстановления структуры почвы и ее ферментативной активности. Их скорость зависит от интенсивности демутаций луговой растительности. Мелкоконтурность залежей на территории дачного массива, разобщенность, удаленность от источников инспермации луговых видов и сообществ микроорганизмов центральных участков, обкашивание их как источников семян сорняков задерживает восстановление растительности на начальных стадиях, что в свою очередь препятствует восстановлению биологической активности почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамян С.А.* Изменение ферментативной активности почвы под влиянием естественных и антропогенных факторов // Почвоведение. 1992. №7. С. 70–82.
2. *Александрова Л.Н., Найденова О.А.* Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. 295 с.
3. *Практикум* по агрохимии: Учебное пособие / Под ред. В.Г. Минеева. М.: МГУ, 2001. 689 с.
4. *Хазиев Ф.Х.* Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 1990. 189 с.

Работа рекомендована д.б.н., профессором Виктором Николаевичем Хряниным.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т.М. Германович, И.А. Царук

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск

Получение прибавки урожайности от известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с pH 5.51–6.00 зависит от состава культур севооборота и вида применяемого известкового мелиоранта. Внесение карбонатного сапропеля обеспечивало прибавку урожайности звена зернопропашного севооборота (яровое тритикале, горох, яровой рапс) – 3 ц/га к.ед. Получение агрономического эффекта при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с pH 5.51–6.00 доломитовой мукой возможно лишь при среднегодовой калийной нагрузке 140 кг/га.

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное использование земельных ресурсов – одна из первостепенных задач повышения экономического потенциала сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. Поддержание достигнутого уровня плодородия почв и дальнейшее его повышение – приоритетная задача, решение которой необходимо для социально-экономической стабильности страны.

Плодородие почв – основа полного использования биологического потенциала сельскохозяйственных растений и получения стабильного урожая.

Данные агрохимического обследования 1966–1970 гг. показали, что количество почв с pH менее 5.5 составляло 83 % пашни Республики Беларусь. Интенсивная химическая мелиорация в течение 40 лет позволила достичь успехов. Начиная с 1970 гг., доля пахотных почв, нуждающихся в известковании, уменьшилась с 90.9 % до 42.5 %. По состоянию на 01.01.2009 г. средневзвешенный показатель кислотности (pH_{kcl}) составил 5.98 и по отношению к предыдущему туру он практически не изменился.

Таким образом, можно считать, что в настоящее время достигнута нижняя граница оптимального показателя кислотности почв, и задача состоит в том, чтобы поддержать его на достигнутом уровне.

Расчеты показали, что ежегодная потребность в известковых материалах на 2007–2010 гг. составляет 1982 тыс. тонн д. в. $CaCO_3$, известкуемая площадь составит 425 тыс. га. Эти объемы необходимы для поддержания оптимальной кислотности почв и бездефицитный баланс кальция и магния [1].

Химическая мелиорация – дорогостоящий прием улучшения качественного состояния кислых почв, поэтому исследования по снижению затрат на известкование дерново-подзолистых почв всегда актуальны. Каждый пятый известкуемый гектар в республике представлен IV группой кислотности (pH более 5.51). Однако, обобщение ряда данных показывает, что эффект от внесения извести на почвах IV группы (pH более 5.51) кислотности практически отсутствует [2]. Но в силу постоянно идущего процесса подкисления исключить почвы IV группы кислотности, занимающих 22 % из 40 % пахотных почв Республики, из списка почв, нуждающихся в известковании, невозможно. Как показали исследования, снижение объемов известкования обуславливает повышение кислотности пахотных земель и, как следствие, недобор продукции. Здесь может иметь место невидимый эффект, заключающийся в предотвращении подкисления почв и соответствующего недобора урожайности и качества продукции в предстоящие годы [3]. В тоже время, переизвесткование слабокислых почв может привести к снижению урожайности и качества сельскохозяйственных культур и увеличить материальные и энергетические затраты на проведение работ.

Нормативная база известкования рассчитана на применение доломитовой муки, как самого универсального и экологически чистого мелиоранта, однако наличие в Республике Бе-

©Т.М. Германович, И.А. Царук, 2009

ларусь почв с содержанием магния более 300 мг/кг обуславливает необходимость применения известковых материалов, не содержащих магний в своем составе. В первую очередь к ним относятся карбонатный сапропель и мел.

Важный научный и практический интерес представляет и изучение влияния известкования на урожайность таких культур звена севооборота, как яровое тритикале, горох, яровой рапс, посевные площади, которых постоянно расширяются.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению эффективности известкования слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы проводилось в 2006–2008 гг. в секторе экономики применения удобрений РУП «Институт почвоведения и агрохимии» Республики Беларусь на территории СПК «Щемыслица» Минского района на дерново-подзолистой суглинистой, почве, развивающейся на мощных легких лессовидных суглинках.

Почва характеризовалась средним содержанием гумуса (2.1 %), слабокислой реакцией среды (pH_{KCl} 5.61–5.63), высоким содержанием подвижного фосфора (259–260 мг/кг почвы) и повышенным содержанием подвижного калия (265–272 мг/кг почвы), содержание обменного кальция по годам исследований было средним (978–998 мг/кг почвы), а содержание обменного магния – повышенным (205–251 мг/кг почвы).

Исследования проводились в звене зернопропашного севооборота со следующим чередованием культур: яровое тритикале сорт «Лана», горох сорт WSB 1.132.128 и яровой рапс сорт «Антей». Схема опыта, включала 9 вариантов и предусматривала изучение на фоне внесения различных доз азотного и калийного удобрения влияния различных форм известковых мелиорантов урожайность культур севооборота. Известкование почвы проводили согласно «Инструкции по известкованию кислых почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь» доломитовой мукой, карбонатным сапропелем и мелом. Удобрения вносились в следующих формах: азотные – мочевина, фосфорные – аммонизированного суперфосфат (8 % N и 30 % P_2O_5), калийные – хлористый калий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В первый год после проведения известкования возделывалось яровое тритикале. При известковании доломитовой мукой и мелом дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы с оптимальными агрохимическими показателями наблюдалась тенденция увеличения урожайности ярового тритикале (таблица 1).

Внесение в почву с pH 5.51–6.00 карбонатного сапропеля способствовало достоверному увеличению урожайности в среднем на 2.0 ц/га при $НСР_{05}$ 1.88. Это объясняется комплексным действием мелиоранта, содержащего в своем составе, помимо органического вещества (15.49 %), фосфор – 0.3 %; калий – 0.12 %; фтор – 125 мг/; марганец – 105.4 мг/кг; медь – 4.24 мг/кг; кобальт – 0.55 мг/кг; цинк – 6.21 мг/кг; железо – 8560 мг/кг; молибден – 0.8 мг/кг сухого вещества.

На фоне известкования возрастала роль калия в питании растений. Наибольшая урожайность ярового тритикале (57.6 ц/га), была получена на фоне внесения доломитовой муки при применении $N_{80}P_{60}K_{120}$.

Внесение доломитовой муки на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ способствовало росту урожайности гороха на 1.7 ц/га (таблица 2).

Применение карбонатного сапропеля на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ увеличивало урожайность зерна гороха на 3.2 ц/га. Его влияние на урожайность гороха оказалось в 1.9 раза эффективнее, чем влияние доломитовой муки. Влияние мела на урожайность зерна гороха было недостоверным.

Максимальная урожайность гороха была получена на фоне известкования доломитовой мукой при применении калийного удобрения в дозе K_{150}, сбор кормовых единиц составил 82.2 ц/га, окупаемость калийных удобрений составила 5.5 кг зерна.

Таблица 1. Агрономическая эффективность известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с pH 5.51–6.00. Урожайность зерна ярового тритикале «Лана», ц/га (2006–2007 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка урожая, ц/га			Сбор кормовых единиц, ц/га	Окупаемость 1 кг калия зерном, кг
	2006	2007	ср.	к контролю	к варианту без внесения калия	к варианту без внесения известковых материалов		
Контроль	46.6	50.5	48.6	–	–	–	68.5	–
$N_{80}P_{60}K_{70}$	49.4	54.3	51.9	3.2	–	–	73.1	–
$N_{80}P_{60}$ + д.м.	48.4	53.4	50.9	2.3	–	–	71.8	–
$N_{80}P_{60}K_{70}$ + д.м.	51.3	55.2	53.3	4.7	2.4	1.4	75.1	3.4
$N_{80}P_{60}K_{90}$ + д.м.	50.9	57.2	54.1	5.5	3.2	2.2	76.2	3.5
$N_{80}P_{60}K_{120}$ + д.м.	53.4	61.7	57.6	9.0	6.7	5.7	81.1	5.5
$N_{120}P_{60}K_{120}$ + д.м.	51.7	59.4	55.6	7.0	–	3.7	78.3	–
$N_{80}P_{60}K_{70}$ + мел.	51.0	55.9	53.5	4.9	–	1.6	75.4	–
$N_{80}P_{60}K_{70}$ + к.с.	51.6	56.1	53.9	5.3	–	2.0	76.0	–
$НСР_{05}$	2.52	1.61	1.88				2.7	

Таблица 2. Агрономическая эффективность известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с pH 5.51–6.00. Урожайность зерна гороха сорта WSB132.128, (2007–2008 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка урожая, ц/га			Сбор кормовых единиц, ц/га	Окупаемость 1 кг калия зерном, кг
	2007	2008	ср.	к контролю	к варианту без внесения калия	к варианту без внесения известковых материалов		
Контроль	43.4	42.9	43.2	–	–	–	60.5	–
$N_{16}P_{60}K_{90}$	47.3	56.4	51.9	8.6	–	–	72.7	–
$N_{16}P_{60}$ + д.м.	46.8	54.1	50.5	7.3	–	–	70.7	–
$N_{16}P_{60}K_{90}$ +д.м.	48.5	58.6	53.6	10.4	3.0	1.7	75.0	3.5
$N_{16}P_{60}K_{120}$+д.м.	51.4	59.8	55.6	12.4	5.1	3.7	77.8	4.4
$N_{16}P_{60}K_{150}$+д.м.	56.1	61.2	58.7	15.5	8.2	6.8	82.2	5.5
$N_{36}P_{60}K_{150}$+д.м.	50.4	62.8	56.6	13.4	–	4.7	79.2	
$N_{16}P_{60}K_{90}$ +мел	48.6	57.5	53.1	9.8	–	1.2	74.3	–
$N_{16}P_{60}K_{90}$ + к.с.	49.2	61.0	55.1	11.9	–	3.2	77.1	–
$НСР_{05}$	1.20	1.43	1.31				1.8	

При возделывании ярового рапса не установлено достоверного влияния на урожайность известковых мелиорантов. Внесение калийных удобрений на известкованном фоне достоверно повышало урожайность, при этом дозы калия действовали практически одинаково.

В наших исследованиях известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с pH 5.51–6.00 оказало неоднозначное влияние на продуктивность культур звена зернопропашного севооборота.

В среднем за 2006–2008 гг. продуктивность звена севооборота колебалась в пределах от 61.9 од 78.0 ц/га к.ед. (табл. 3).

При известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с содержанием гумуса – 2.1 %, слабокислой реакцией среды (pH_{KCL} 5.61–5.63), подвижного фосфора –

259–260 мг/кг почвы, подвижного калия – 265–272 мг/кг почвы, обменного кальция – 978–998 мг/кг почвы, обменного магния – 205–251 мг/кг почвы pH 5.51–6.00 и доведении реакции до pH 6.01–7.00 внесение карбонатного сапропеля обеспечивало прибавку продуктивности звена севооборота 3 ц/га к.ед.

Эффективность известкования находится в зависимости от уровня калийного питания. На фоне известкования доломитовой мукой при повышении доз калийного удобрения с 83 до 140 кг/га продуктивность звена севооборота увеличивалась на 5.0–6.8–10.5 ц/га к.ед. Максимальная продуктивность севооборота формировалась на фоне внесения доломитовой муки при среднегодовой калийной нагрузке в 140 кг/га севооборотной площади. Урожайность звена севооборота при этом составила 78.0 ц/га к.е., оплата 1 кг калия составила 7.5 к.е.

Таблица 3. Продуктивность звена севооборота в зависимости от известкования и доз калийного удобрения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с pH 5.51–6.00 (2006–2008 гг.)

Вариант	Урожайность севооборота, ц/га к. ед. (2006–2008 гг.)	Прибавка урожая, ц/га к.ед.		Калийные удобрения кг/га среднее за 2006–2008 гг.	Оплата 1 кг калия, к.ед.
		к варианту без внесения калия	к варианту без внесения известковых материалов		
Контроль	61.9			–	–
$N_{72}P_{65}K_{83}$	71.6			–	–
$N_{72}P_{65}$ + д.м.	67.5	–	–	–	–
$N_{72}P_{65}K_{83}$ +д.м.	72.5	5.0	0.9	83	6.0
$N_{72}P_{65}K_{11\,0}$+ д.м.	74.3	6.8	2.7	110	6.2
$N_{72}P_{65}K_{140}$ + д.м.	78.0	10.5	6.4	140	7.5
$N_{102}P_{65}K_{140}$ + д.м.	75.6	–	4.0	–	–
$N_{72}P_{65}K_{83}$ + мел.	72.3	–	0.7	–	–
$N_{72}P_{65}K_{83}$ + к.с.	74.6	–	3.0	–	–
$НСР_{0.5}$	2.1				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы со слабокислой реакцией среды (pH_{KCL} 5.61–5.63), содержанием гумуса – 2.1 %, подвижного фосфора – 259–260 мг/кг почвы, подвижного калия – 265–272 мг/кг почвы, обменного кальция – 978–998 мг/кг почвы, обменного магния – 205–251 мг/кг и доведении реакции среды доломитовой мукой и мелом до pH 6.01–7.00 средняя продуктивность 1 га севооборотной площади зернопропашного севооборота (яровое тритикале, горох, яровой рапс) значительно не изменялась. Внесение карбонатного сапропеля обеспечивало прибавку урожайности звена севооборота в 3 ц/га к.ед. Получение агрономического эффекта при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с pH 5.51–6.00 доломитовой мукой возможно лишь при среднегодовой калийной нагрузке 140 кг/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Справочник агрохимика* / В.В. Лапа и [и др.]; под общ. ред. В.В. Лапы. – Минск: «Белорусская наука», 2007. – 383 с.
2. *Клебанович, Н.В.* Известкование почв Беларуси / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк - Минск.: Изд-во БГУ, 2003. – 321 с.
3. *Эффективность известкования* пахотных земель Республики Беларусь / Т.М. Германович и [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008.– № 2 (41). – С. 103–111.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доцентом Германович Тамарой Михайловной.

УДК 631.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА РАЙОНА «ДОЛИНА РЕКИ СЛАВЯНКИ» ГМЗ «ПАВЛОВСКИЙ ПАРК»

В.С. Горбунова, А.Б. Галкина

Санкт-Петербургский Государственный Университет

В работе приводятся результаты обследования почвенного покрова, северо-западного берега озера Круглое, дубовой аллеи у Пильбашенного моста, подверженных интенсивному антропогенному воздействию и содержания тяжёлых металлов в почвах района «Долина реки Славянки».

Павловский парк представляет собой объект культурного наследия, однако, экологическое изучение его почв и почвенного покрова не проводилось. Есть отрывочные исследования 1947 года и почвенно-агрохимическое обследование некоторых участков парка (Кобрин Н.Ю. 1998г).

Обследование такого района Павловского парка как «Долина реки Славянки», проходящего через весь парк, является наиболее информативным в плане оценки экологического состояния всей территории Павловского парка.

Река Славянка – левый приток реки Невы. По задумке создателей парка многие участки реки были искусственно преобразованы (насыпные берега, создание искусственных островов, запруд в русле реки и проч.). Такие преобразования нередко впоследствии подвергаются эрозии. Это же объясняет присутствие в почвенном покрове долины – стратифицированных почв (насыпных, намывных и пр.).

Объектами непосредственного почвенного обследования явились дубовая аллея у Пильбашенного моста, насаждения которой находятся в угнетённом состоянии, берег озера Круглое с явно выраженной дегрессией вследствие интенсивной антропогенной нагрузки и поверхностные горизонты насыпных почв левого и правого берега реки Славянки.

Почвы под разновозрастными насаждениями дубов у Пильбашенной моста через р. Славянку имеют преимущественно легкосуглинистый мехсостав. Невысокая гумусность почв не является оптимальным показателям для посадок дубов. Необходимо отменить высокую рекреационную нагрузку, что также способствует угнетению деревьев. Вероятно, у дубов развита «флаговая» корневая система, поскольку деревья растут в непосредственной близости от щебнистой тропинки самой аллеи и испытывают физическое давление и как следствие затруднённость в развитие корней в этом направлении и в поглощение влаги и питательных веществ с этой территории. Кроме того, на вершине склона, ближе к мосту, растут ели, отбрасывающие тень на светолюбивые дубы, что также пагубно влияет на их развитие.

Данные, полученные при анализе почвенно-агрохимических образцов, в целом не выявляют решающего влияния почвенных условий на состояние дубов, что подтверждается и данными, полученными при анализе образцов контрольного почвенного разреза, заложенного у мало поврежденного дуба.

По данным геоботаника Н.В. Ловелиуса, проводившего дендрологическое обследование данных дубов в 2009 г. усыхание некоторых особей дуба обусловлено их большим возрастом, при котором снижается сопротивляемость деревьев к неблагоприятным условиям в годы минимумов ритмической изменчивости природной среды. Таким образом угнетение дубов на Пильбашенной аллее может быть результатом влияния неблагоприятных факторов внешней среды помноженных на большой возраст деревьев. К неблагоприятным факторам можно отнести и периодические разливы реки Славянки и высокий уровень стояния грунтовых вод.

Озеро Круглое находится в непосредственной близости от русла реки Славянки и является рукотворным. Почвенный покров берегов озера представлен в основном антропогенными почвами: серогумусовыми стратозёмами и урбостратоземами.

© В.С. Горбунова, А.Б. Галкина, 2009

Северо-западный берег Круглого озера в зимний период в результате массовых катаний на санях испытывает значительную антропогенную нагрузку, приводящую к повреждению почвенного и растительного покрова – дигрессии. Для определения степени дигрессии по участку склона, испытывающего максимальную нагрузку, была заложена трансекта, включающая также контрольные участки, не подвергающиеся антропогенному воздействию.

По линии трансекты были заложены 10 почвенных прикопок с подробным описание растительного покрова. Из каждой прикопки отобраны образцы почв с поверхности и глубины 10–15 см, в которых был определён ряд физико-химических показателей.

Проведённые исследования показали, что в результате интенсивной нагрузки в первую очередь страдает растительный покров. В зоне максимальных нагрузок проективное покрытие растительности (ППР) уменьшается до 10–20 %. Значительно сокращается видовой состав, резко увеличивается доля рудеральных видов.

Изменение почвенного покрова на данный момент выражены не столь ярко. прежде всего происходит уменьшение мощности верхних горизонтов до 2–3 см, снижение содержания гумуса до 1–2 %, что в свою очередь влечёт обеднение корнеобитаемого слоя растений питательными веществами.

Таким образом, почвенный покров на склоновых участках находится постоянно в экстремальных условиях и является наиболее уязвимым к воздействию различных негативных факторов. Физическое воздействие на почву приводит к деградации ее верхних горизонтов и как следствие к угнетению растительности на данных участках, изменению рельефа – смыву верхних почвенных горизонтов вниз по склону. Поэтому следует бережно относиться к таким зонам.

Для выявления содержания тяжёлых металлов было проанализировано несколько почвенных образцов из разрезов, заложенных на участке «Долина реки Славянки». Это образцы из верхних горизонтов: серогумусового урбостратозёма и стратозём, тёмногумусовой намытой и серогумусовой иллювиально-железистой почвы. Таким образом, образцы брались и из естественных и из антропогенно-преобразованных почв. Были взяты на анализ образцы и из разреза, заложенного невдалеке от Пильбашенного моста.

Спектральный анализ почвенных образцов проводился в аттестованной лаборатории ВСЕГЕИ (табл.).

Таблица. Содержание тяжёлых металлов

Разрез	Горизонт	Ni	Cu	Pb	Zn
		ppm (мг/кг)			
206	(0–6 см)	5	8	15	15
206	(6–19 см)	8	10	20	25
101	АО (3–8 см)	8	12	80	30
1000	ОТ (0–5 см)	4	3	10	<
112	(0–5 см)	6	12	20	15
210	(0–11 см)	10	12	18	15
210	[АУ] (73–85 см)	10	10	15	20
208	АУ (5–20 см)	80	15	50	40
204	(0–2 см)	6	12	15	20
201	(0–8 см)	10	15	15	30
1004	АУ (1–10 см)	10	15	25	25
1004	R1(10–20 см)	10	15	60	40
1004	R2 (20–44 см)	12	20	20	40
1004	[АУ] (44–65 см)	10	12	15	25
1004	АС (54–65 см)	12	15	25	30
1004	С (65–80 см)	12	20	15	30

Было обнаружено превышение допустимых концентраций свинца и никеля. В долине реки стратозём серогумусовый, располагающийся на левом берегу и урбостратозём с правого берега реки показали превышение по содержанию свинца в верхних горизонтах. Помимо этого образец из верхнего горизонта стратозёма превышал ному содержания и по никелю. Загрязнения урбостратозёма можно объяснить характером насыпного мелкоземистого материала. Вместе со строительным мусором могли попасть и токсичные вещества.

В стратозёме серогумусовом на погребённой почве горизонт R (глубина 20–44 см) показал превышение концентрации по свинцу. В виду отсутствия превышений по содержанию в верхнем горизонте, можно исключить загрязнение свинцом с поверхности и предположить изначальное загрязнение стратифицированной насыпной толщи мелкоземистого материала.

Превышения значений ПДК тяжелых металлов установлены согласно А.Ю. Опекунову («Экологическое нормирование», 2001).

Таким образом превышения ПДК были обнаружены только в образцах антропогенно-преобразованных почв, а превышение на глубине 20–40 см в стратифицированном горизонте и отсутствие в верхнем говорит о качестве насыпного материала. Высокое содержание токсичных веществ, в т.ч. тяжёлых металлов может негативно сказаться на росте и развитии растительности и почвенной биоты в целом. Содержание этих металлов превышают и обще-санитарные нормы.

Подводя итоги можно сказать, что общее состояние почвенно-растительного покрова Павловского парка хорошее и не требует существенных реконструкций.

Однако парк нуждается в постоянном наблюдении-контроле и предупреждении негативных последствий антропогенной нагрузки, поскольку является искусственно созданным биогеоценозом и не обладает свойствами саморегуляции в полной мере.

В почвенном покрове парка локально выделены участки с экологически неблагоприятными условиями: с превышением ПДК по содержанию Pb и Ni, с явлениями дигрессии.

ВЫВОДЫ

1. В почвенном покрове пара локально выделены участки с экологически неблагоприятными условиями: с превышением ПДК по содержанию никеля и свинца, с явлениями дигрессии в результате интенсивной рекреационной нагрузки.
2. Угнетенное состояние дубовых посадок не связано с физико-химическими свойствами почв. Вероятной причиной угнетения дубовых насаждений являются высокое залегание грунтовых вод, периодическая затопляемость территории водами Славянки, а также большой возраст посадок и подверженность деревьев к поражению различными патогенными организмами.
3. Общее состояние почвенного-растительного покрова на большей части района «Долины Славянки» можно оценить как хорошее и не требующее существенных реконструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Знаменская О.М. Рельеф // Сб. «Природа Ленинграда и его окрестностей» Л. 1964. с. 21–29.
2. Кобрин Н.Ю. Отчет «Почвенно-агрохимическое обследование территории под цветниками и разновозрастными насаждениями дуба в Павловском музейном парке СПб. 1998.
3. Опекунов А.Ю. «Экологическое нормирование», Санкт-Петербург, 2001, с. 41
4. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы (генезис, классификация, рекультивация и использование), Учебное пособие, 2003, 267 с.
5. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Изд-во Ойкумена, 2004. – 342 с.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. Н.Н. Матинян.

УДК 631.10

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ И ОХРАНЕ НАРУШЕННЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Д.А. Гордей

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Исследованы проблемы рационального использования и охраны земель. Выявлены факторы деградации и загрязнения почв. Рассмотрены различные методы диагностики состояния почв, подверженных этим негативным процессам. Приведен литературный обзор мероприятий по обеспечению рационального землепользования и охране почвенных ресурсов, а также по рекультивации нарушенных и загрязненных земель. Дано описание различных технологий рекультивации. Рассмотрен опыт практических работ по ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

По статистическим данным наша Россия теряет треть бюджета ежегодно из-за недостаточного внимания к проблеме охраны и воспроизводства плодородия почв. Как можно объяснить равнодушие к деградации сельскохозяйственных земель? На сельскохозяйственном использовании земель базируется до 75 % национальной экономики! Известно, что основоположник науки о почве – великий русский ученый Василий Васильевич Докучаев, говоря о русском черноземе, отмечал, что он (чернозем) дороже каменного угля, нефти, дороже золота!

Почва – главное богатство, которым определяется наше благополучие. По существу почва является невозобновимым природным ресурсом. Ее значение состоит в аккумулировании органического вещества, элементов минерального питания растений, а также энергии. При правильном использовании почва может не только не стареть и не изнашиваться, но улучшаться и повышать свое плодородие. Однако, в настоящее время почвенные ресурсы катастрофически сокращаются: потери оцениваются миллиардами долларов! Необходимо отметить, что основные источники загрязнения почвы – это:

- выбросы вредных веществ в атмосферный воздух;
- полигоны и несанкционированные свалки промышленных и бытовых отходов;
- средства химической защиты растений;
- минеральные удобрения;
- нефтепродукты;
- неорганизованные сбросы ливневых и талых вод;
- неудовлетворительное санитарное состояние территорий населенных пунктов.

Существенная часть потерь земельных ресурсов и снижения плодородия почв обусловлена нерациональной деятельностью, которая включает в себя: загрязнение почв пестицидами и радионуклидами, а также иные техногенные нарушения. Таким образом, постановка задачи рационального землепользования и охраны почв вполне правомерна и требует поиска оперативного решения. Рациональное землепользование – это такое экологически допустимое использование земельных участков, при котором сохраняются площади сельскохозяйственных угодий, достигается получение максимальной экономической выгоды с единицы площади при одновременном воспроизводстве плодородия почвы.

Темпы и масштабы деградации почв в настоящее время достигли таких размеров, что это создает угрозу продовольственной безопасности. Под деградацией почв понимается ухудшение их качественного состояния под воздействием хозяйственной деятельности. Деградация земель может происходить под действием климатических, гидрогеологических, фито- и зоогенных факторов, а также – антропогенного фактора: нерациональное ведение земледелия; чрезмерный выпас скота; уничтожение почвенно-растительного покрова промышленным, коммунальным и ирригационным строительством; горные разра-

© Д.А. Гордей, 2009

ботки; технологические и аварийные выбросы в атмосферу; сбросы сточных и дренажных вод; загрязнение токсикантами промышленного происхождения (радионуклиды, тяжелые металлы, нефть и нефтепродукты); захламление и нарушение земель. Прогнозирование отдельных деградационных процессов, а также суммарной деградации почв вследствие воздействия различных неблагоприятных факторов продолжает оставаться сложной и недостаточно изученной проблемой. Высоко оценивая представленные в ряде изданий работы по изучению деградации почвы, можно отметить, что они не дают исчерпывающего количественного представления об отдельных процессах этого негативного явления. В настоящее время известны и используются для оценки состояния почв, подверженных таким процессам, следующие методы диагностики:

- общая качественная оценка деградации;
- изменения качественных показателей в баллах;
- индексы деградации;
- баланс вкладов отдельных видов деградации в общей (суммарной) деградации;
- эмпирические выражения (по опытным данным);
- экспертный метод (отличается субъективностью результатов).

Процесс деградации почв, как правило, протекает достаточно медленно, но со временем начинает наблюдаться падение урожайности, возникает потребность в дополнительном внесении органических и минеральных удобрений, увеличении затрат труда и т.д. Допущенные ранее нарушения экологических требований землепользования могут длительное время играть свою негативную роль. В целях охраны земель разрабатываются и принимаются специальные меры, которые включают мелиорацию, рекультивацию и консервацию нарушенных земель. Охрана земельных ресурсов и обеспечение их рационального использования неразрывно связаны и дополняют друг друга, и грань между ними практически отсутствует.

В настоящее время в России применяются следующие методы технической и биологической рекультивации нарушенных и загрязненных земель (в том числе нефтью и нефтепродуктами), отводимых под строительство:

- засыпка почвогрунтом и высеивание трав (дает косметический эффект, поскольку нефть остается в грунте, кроме того, необходим большой объем земляных работ);
- вывоз нефтезагрязненного грунта на полигоны отходов (практически нереальный с экономической точки зрения прием, так как приходится иметь дело с большими объемами нефтезагрязненного почвогрунта при высокой стоимости транспортировки и размещения отходов);
- засыпка сорбентом (торфом) с последующей вывозкой на полигоны отходов (недостатки те же, что и в предшествующем методе);
- использование микробиологических препаратов типа «путидойл» и им подобных (препараты активны только на поверхности, поскольку необходим контакт с воздухом, и во влажной среде при относительно высокой температуре);
- использование нефтеэкстрагирующих установок импортного производства (производительность этих установок 2–6 м3 в сутки, что при стоимости установки в $ 150000 и персонале из трех человек делают ее весьма неэффективной, и зарубежные компании уже не используют такие установки).

Помимо рекультивации загрязненных почвогрунтов в местах строительства новых объектов на месте снесенных промышленных и научно-исследовательских предприятий, нередко осуществляется биоремедиация загрязненных нефтью и нефтепродуктами земель.

Сравнительный анализ опыта работ в данной сфере, приводит к выводу, что большинство применяемых в России методов технической и биологической рекультивации земель имеют недостатки, которые делают их малоэффективными. Тем не менее, существуют и достаточно эффективные (сроки — трудоемкость — качество) приемы. Суть одного из них заключается в последовательном принятии следующих мер: 1) первичное обследование загрязненного участка; 2) расчет потребности в компонентах для агротехнической

и фитомелиорации загрязненных земель; 3) подготовка участка к проведению работ; 4) проведение собственно рекультивационных работ. Успешным результатом завершения комплекса мероприятий признается достижение соответствия основных характеристик состояния рекультивированного участка установленным нормативным требованиям. Примером такого приема может служить метод биоремедиации нефтезагрязненных почв, разработанный Всероссийским научно-исследовательским институтом экономики сельского хозяйства Россельхозакадемии. Его основная идея заключается в том, чтобы не осуществлять минерализацию углеводородов нефти до углекислого газа и воды, а трансформировать их в нетоксичные для растений соединения. Этот метод способствует уменьшению фитотоксичности нефтезагрязненных почв с помощью микроорганизмов, предполагает после специальной обработки (уже через 30–90 дней) осуществление посевных работ на рекультивированных участках и позволяет:

- отказаться от традиционных методов ремедиации нефтезагрязненных земель, целью которых являлась полная деструкция углеводородов нефти до углекислого газа и воды;
- увеличить количество органического углерода в почве;
- за 30–90 дней практически полностью провести детоксикацию нефтезагрязненной почвы и после сева получить устойчивый травяной покров.

Кроме того, предлагаемый подход (по меньшей мере) в два раза дешевле обычно применяемых методов, которые предусматривают внесение в почву различных дорогостоящих биопрепаратов.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. В.В. Терлеевым.

УДК 631.4

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИЙ ДЕПО И ИСТОЧНИКА ВЛАГИ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ

П.Д. Гурин

Санкт-Петербургский государственный университет

В работе рассматривается проблема количественной оценки эффективности выполнения биогеоценотических функций почвы. В работе рассматриваются особенности механизма реализации функций депо и источника влаги в системе почва-растение. Предлагается метод количественной оценки эффективности функционирования почвы как депо и источника влаги в системе почва-растение.

ВВЕДЕНИЕ

Интегральная экология почв [6] рассматривает комплексную роль почвы в биосфере. Одним из важных направлений этого раздела почвоведения является изучение экологических функций почвы. Однако, работ, целенаправленно посвященных параметризации (количественной оценке) эффективности выполнения почвенных экологических функций, практически не проводилось [1]. Наиболее близко к решению проблемы параметризации исследователи подошли в работах по изучению лимитирующей роли экологических факторов окружающей среды в продуктивности лесных фитоценозов [7,10,15,16,17,20,21,22]. Однако подобные исследования не были связанны с разработкой методов количественной оценки эффективности выполнения почвенных экологических функций. Между тем, их разработка позволит на качественно новом уровне взглянуть на проблему оценки почвенного экологического потенциала (оценка экобонитета [1]), оценить на региональном уров-

Исследовательская работа выполнена при поддержке гранта Правительства г. Санкт-Петербурга 3.8/04-05/029

© П.Д. Гурин, 2009

не последствия преобразования естественных ландшафтов в сельскохозяйственные угодья.

Экологические функции почвы разделяют на две большие группы: *Глобальные* и *Биогеоценотические* [4]. Так как эффективность выполнение глобальных функций почвы напрямую зависит от реализации биогеоценотических функций, разработка методов количественной оценки эффективности выполнения биогеоценотических функций является первостепенной задачей.

В основе реализации биогеоценотических функций почвы лежат протекающие в ней процессы, которые, в свою очередь, регулируются рядом контролирующих их свойств почвы. Поэтому оценка эффективности выполнения биогеоценотических функций почвы может быть основана на оценке контролирующих параметров и свойств почвы, определяющих механизмы реализации этих функций.

В большинстве биоценозов зеленые растения являются основными продуцентами органического вещества. Растения и почва находятся в тесной взаимосвязи, что делает эту систему наиболее предпочтительной для оценки эффективности выполнения в ней биогеоценотических функций почвы, отвечающих за удовлетворение потребностей растений.

Если оценивать значимость отдельных биогеоценотических функций для растений и степень изученности определяющих их параметров почвы, то выделяется почвенная функция «депо влаги, элементов питания и энергии» [4]. Наиболее подробно изучены процессы, связанные с почвенной функцией депо влаги. Основная часть работ в этом направлении приурочена к 50–80 годам XX века [2,3,8,9,11,12,13,14,18,19]. Среди них особо выделяются работы А.А Молчанова [8], посвященные гидрологической роли лесной растительности, А.И. Будаговского [2], освещающие процесс испарения и транспирация почвенной влаги, И.И. Судницына о закономерностях передвижения почвенной влаги и влагообеспеченности леса [13,14], комплексные исследования водного баланса почв А.А. Роде [11], обобщающие исследования связи водного режима почв с метеорологическими условиями С.А. Вериго и Л.А. Разумова [3], посвященные инфильтрации почвенной влаги Г.В. Назарова [9] и др. Эти исследования проведены на ряде модельных объектов (опытные лесничества, сельскохозяйственные угодья) и охватывают длительный промежуток времени, что дает возможность, на основании их результатов, разработать метод количественной оценки эффективности выполнения почвенных функций депо и источника влаги.

Цель исследования: разработать метод количественной оценки эффективности выполнения экологических функций почвы на примере функций депо и источника влаги в системе почва-растение. Для этого необходимо решить две задачи:

1. Описать способ реализации функций депо и источника влаги в системе почва-растение.
2. Разработать подходы к количественной оценке эффективности функционирования почвы как источника и депо влаги.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются почвы лесничеств и сельскохозяйственных полей зоны избыточного увлажнения, водно-физические свойства которых наиболее комплексно описаны в литературе.

При анализе и обобщении литературных данных по исследованиям в области почвенной гидрологии использовался естественноисторический подход. При анализе данных о водном балансе почв опытных лесничеств и сельскохозяйственных угодий использовался сравнительно-географический метод.

Механизм реализации функций депо и источника влаги в системе почва-растение.

В виду специфики процесса формированием запаса продуктивной влаги, в рамках данной работы мы разделили почвенную функцию депо влаги на две подфункции – функцию депо влаги и функцию источника влаги. Под функцией депо влаги мы подразу-

меваем способность почвы удерживать в себе влагу, и она выражается через общий запас почвенной влаги без учета степени ее доступности для растений. Под функцией источника влаги понимается способность почвы обеспечивать потребности живых организмов во влаге. Области реализации функций депо и источника влаги в системе почва-растение перекрываются в корнеобитаемом слое почвы.

Для разработки метода количественной оценки эффективности выполнения почвенных функций депо и источника влаги в системе почва-растение необходимо рассмотреть модель механизма их реализации. Вследствие сопряженности этих функций, механизм их реализации рассматривается в рамках единой модели.

Как видно из схемы (рисунок 1), запас продуктивной влаги является отражением работы почвенных функций депо и источника влаги, а его значение будет определяться как свойствами почвы (наименьшей влагоемкостью), так и особенностями фитоценоза (сосущая сила корневой системы). Очевидно, что от запаса продуктивной влаги будет напрямую зависеть степень обеспеченности фитоценоза влагой. Таким образом, почвенный запас продуктивной влаги является определяющим параметром эффективности выполнения оцениваемых функций.

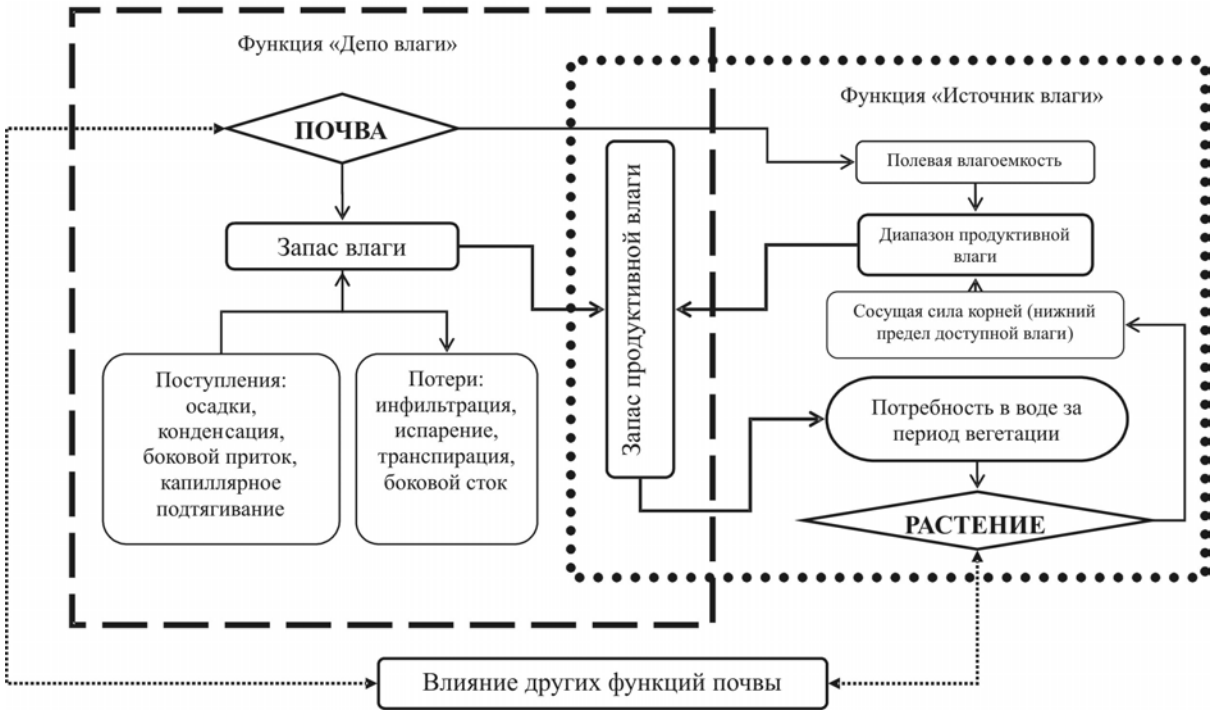


Рисунок 1. Схема способа реализации функций депо и источника влаги. [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В качестве критерия эффективности выполнения почвенных биогеоценотических функций предлагается использовать отношение реальных значений параметров их функционирования к оптимальным значениям этих параметров для исследуемой системы. За оптимальные для системы почва-растение принимаются такие значения параметров функционирования, при которых работа исследуемой функции обеспечивает наивысшую продуктивность биогеоценоза, при прочих равных условиях (климатические и геологические условия, эффективность выполнения прочих биогеоценотических функций почвы).

Если почва может обеспечивать потребности растений так, что они не испытывают дефицита в продуктивной влаге на протяжении всего вегетационного периода, то эффективность выполнения функций депо и источника влаги предлагается считать равной 100 %. Эффективность выполнения функций депо и источника влаги ниже 100 % соответствует различной степени дефицита продуктивной влаги, выражающегося в снижении транспирации и биологической продуктивности, по сравнению с максимально возможны-

ми их значениями в условиях оптимального функционирования почвы в качестве депо и источника влаги.

Выполнение биогеоценотических функций в различной степени удовлетворяет потребности растений. Это приводит к выделению отдельных лимитирующих факторов, которые ограничивают продуктивность растительных сообществ, а также изменяют их потребность в других факторах, не являющихся лимитирующими. По-видимому, оценку эффективности выполнения отдельных биогеоценотических функций следует проводить с учетом изменений потребностей живых организмов, под влиянием лимитирующих факторов.

На потребность растения во влаге значительно влияет эффективность выполнения функций источника элементов питания, стимулятора и ингибитора биохимических процессов и механической опоры. В качестве примера раскрывающего взаимное влияние почвенных биогеоценотических функций могут служить гидроморфные почвы. При наличии в почве токсинов (нарушение работы почвенной функции защитного и буферного биогеоценотического экрана) снижается скорость роста и биологическая продуктивность растений. Исходя из того, что потребность растения во влаге напрямую зависит от площади листовой поверхности и интенсивности биологической продуктивности [8], следует, что при наличии в почве токсинов, приводящих к опадению листвы и/или снижению продуктивности фотосинтеза, растения становятся менее требовательными к содержанию в почве доступной влаги. Подобная зависимость прослеживается при кислородном голодании, наличии в почве вредителей и возбудителей болезней (санитарная функция), при взаимном угнетении растений (функция стимулятора и ингибитора биохимических процессов).

Обратная закономерность наблюдается при работе закона компенсации экологических факторов (закон Э. Рюбеля), при котором небольшом снижении эффективности выполнения биогеоценотических функций, например, при незначительном снижении содержания доступных элементов питания в почве, происходит увеличение потребности растения во влаге.

При наличии выраженного лимитирующего фактора, на фоне которого растения не испытывают дефицита в продуктивной влаге, предлагается считать, что эффективность выполнения функций депо и источника влаги соответствует 100 % (так как за период вегетации угнетенное растение не испытывает дефицита во влаге, а следовательно функции депо и источника влаги выполняются на оптимальном уровне).

В качестве основных оценочных характеристик эффективности выполнения почвенных функций депо и источника влаги предлагается использовать значение транспирации и биологической продуктивности фитоценоза, так как они находятся в прямой зависимости от запаса продуктивной влаги в почве [2,8].

Точный учет внутрипочвенного притока и оттока влаги достаточно сложен [11], поэтому оценивать эффективность выполнения функций депо и источника влаги предлагается для самого жаркого летнего месяца, когда потребности растения в продуктивной влаге максимальные, а поступление влаги в почву минимально.

Исходя из того, что основная часть влаги, поглощаемая растением, расходуется на транспирацию, предлагается оценивать эффективность выполнения функций депо и источника влаги, используя значение максимально возможной транспирации фитоценоза. Рассчитать это значение можно через поглощенную растением солнечную радиацию, дающую энергию на превращение воды в пар (для этого необходимо затратить 585 калорий тепла). Сомкнутый древостой поглощает в среднем 60 % солнечной радиации, таким образом, на широте 60° фитоценозу потребуется около 310 мм продуктивной влаги за вегетационный период (энергией, пошедшей на фотосинтез, пренебрегаем, как ничтожно малой). В условиях достаточного увлажнения, значения максимально возможной транспирации, полученные на основании подобных расчетов, хорошо совпадают с результата-

ми прямых измерений транспирации древостоев не испытывающих дефицит в продуктивной влаге [15].

Количественный расчет эффективности выполнения функций депо и источника влаги предлагается проводить по следующей формуле:

$$Эф = \frac{ПСи}{МПот} \times 100\%, \text{ где}$$

Эф – эффективность выполнения функций депо и источника влаги, выраженная в %

ПСи – продуктивная влага в корнеобитаемом слое за исследуемый период в мм.

МПот – максимальная потребность фитоценоза во влаге за исследуемый период в мм.

Максимальную потребность фитоценоза во влаге (МПот) предлагается рассчитывать через максимально возможную транспирацию. В случае, когда древостой сомкнутый, значение максимальной транспирации предлагается рассчитывать через поглощенную растением солнечную радиацию, дающую энергию на превращение воды в пар. В этом случае МПот рассчитывается по следующей формуле.

$$МПот = \frac{ПР \times Экс \times ПО \times 10}{585}, \text{ где}$$

МПот – максимальная транспирация, мм;

ПР – прямая радиация на широте нахождения исследуемого фитоценоза, кал/см^2;

Экс – поправка на экспозицию склона и угол наклона;

ПО – коэффициент поглощение солнечной радиации растением (фитоценозом);

585 – количество энергии необходимые для превращения 1 г воды в пар, кал;

10 – коэффициент пересчета, для получения количества необходимой влаги в мм.

Максимальную транспирацию для не сомкнутого древостоя предлагается рассчитывать по коэффициенту транспирации и известному значению продуктивности древостоя при оптимальном водоснабжении (в условиях равной эффективности выполнения прочих биогеоценотических функций почвы). В этом случае расчет основывается на зависимости годичного прироста биомассы от расхода влаги на транспирацию, выявленной А.А. Молчановым [8]. При этом за оптимальный принимается запас продуктивной влаги необходимый для фитоценоза находящегося в стадии развития характеризующейся максимальной продуктивностью (совпадает со стадией характеризующейся максимальной транспирации). Предлагается следующая формула расчета максимально возможной транспирации:

$$МПот = Про \times Кт, \text{ где}$$

МПот – максимальная транспирация, мм;

Про – биологическая продуктивность фитоценоза, ц/га;

Кт – коэффициент транспирации

При количественной оценке эффективности выполнения почвенных функций депо и источника влаги за самый жаркий месяц вегетационного периода, появляется возможность оценить пороговое значение эффективности выполнения этих функций, после которого начинается отмирание листвы. Пороговым будет являться значение эффективности выполнения функции депо и источника влаги, обеспечивающей значение минимально возможной транспирации (ПСи = минимальной транспирации, МПот = максимально возможной транспирации). Для сомкнутого древостоя в степной зоне (Европейская часть России) значение минимальной транспирации, при которой не происходит отмирание листвы, составляет 30 мм в месяц, эта величина слабо зависит от видового состава древостоя [15]. Определить минимальное значение транспирации можно одним из трех способов:

1. Эмпирически – определив это значение для различных видов растений;
2. Экспериментально – имитируя для древостоя условия засухи и определив значение транспирации;

3. Рассчитав по значению минимальной транспирации листвы, зная площадь листовой поверхности и рабочее время транспирации.

Эти три способа расчета дают схожие результаты [15]. Для большинства лиственных древесных пород значение минимальной транспирации примерно в 4 раза ниже максимально возможного, при аналогичных значениях поглощенной солнечной радиации. На основании этого можно выделить 25 % порог значения эффективности выполнения почвенных функций депо и источника влаги, после которого дальнейшее снижение эффективности функционирования почвы приводит к ускоренному отмиранию листвы (если растениями не задействованы механизмы транспирационного подавления).

Расчет нижней границы доступной влажности представляет определенные сложности, так как в литературе не были найдены сведения о влажности завядания для древесной растительности, поэтому для систем почва-растение с древесными породами значение ВЗ принимается за 1,5 от максимальной гигроскопичности, по аналогии с травянистой растительностью (по Качинскому). Расчет оптимального запаса продуктивной влаги на основании коэффициента транспирации для древесных пород практически невозможен, так как малочисленные материалы указывают лишь на то, что коэффициенты транспирации для древесных пород колеблются в узких пределах – от 200 до 250 [15]. Это обстоятельство снижает точность оценки эффективности выполнения исследуемых функций по отношению к конкретным фитоценозам. Для оценки эффективности функционирования почвы как депо и источника влаги предлагается использовать «эталонные фитоценозы» (в нашем случае это воображаемый фитоценоз, характеризующийся максимально возможной величиной транспирации для данной широты).

Свойства эталонного фитоценоза для зоны южной тайги ЕТР составлены на основании предложенного расчета максимально возможной транспирации (по поглощенной солнечной радиации). Максимальная возможная транспирация эталонного фитоценоза за вегетационный период составляет 342 мм (55° северной широты, поглощение солнечной радиации 60 %, прямая радиация 33,4 ккал/см^2), максимально возможная транспирация за июль составляет 90 мм, минимальное (пороговое) значение транспирации соответствует 22,5 мм (на основании расчета по поглощенной солнечной радиации и 25 % порогу эффективности функционирования почвы как депо и источника влаги). Полученные показатели схожи с данными полученными исследователями [8, 15] для наиболее продуктивных фитоценозов южной тайги ЕТР: ельников-кисличников и сосняков-брусничников (отклонение значений максимально возможной транспирации относительно расчетных менее 5 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Количественную оценку эффективности выполнения биогеоценотических функций почвы предлагается вести на основании анализа параметров и свойств почвы, управляющих оцениваемой функцией. Эффективность выполнения биогеоценотической функции почвы предлагается рассчитывать как отношение значения параметра (отражающего эффективность выполнение функции) оцениваемой системы к значению этого же параметра в оптимальных условиях функционирования системы (при прочих равных условиях напрямую не связанных с работой оцениваемой функции).

На основании анализа схемы механизма реализации функций депо и источника влаги в системе почва-растение, предлагается количественно оценивать эффективность выполнения этих функций на основании расчета отношения почвенного запаса продуктивной влаги к максимально возможной транспирации фитоценоза (растения) за оцениваемый период. Расчет предлагается производить для июля месяца, как периода характеризующегося наименьшей эффективностью выполнения оцениваемых функций (для территорий с континентальным климатом).

По причине сложности расчета нижнего предела доступной влаги и значения минимально возможной транспирации, предлагается оценивать эффективность функциониро-

вания почвы как депо и источника влаги по отношению к эталонным фитоценозам, потребность во влаге которых рассчитывается на основании скрытой теплоты парообразования и доли поглощенной солнечной радиации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Апарин Б.Ф.* Проблемы оценки деградации почв мира//Вестник СПбГУ. СПб.: Типография изд. СПбГУ, 2006. С.70–80.
2. *Будаговский А.И.* Испарение почвенной влаги. М.: Наука, 1964.
3. *Вериго С.А., Разумов Л.А.* Почвенная влага. Л.: Гидрометеоиздат, 1973.
4. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Экология почв. Учение об экологических функциях почв: учебник. М.: Изд. Моск. ун-та., Наука, 2006.
5. *Гурин П.Д.* Экологические функции почвы в системе почва-растение и их трансформация под влиянием антропогенного фактора//Материалы международной научно-практической конференции «Плодородие почв – уникальный природный ресурс – в нем будущее России» и всероссийской научной конференции XI Докучаевские молодежные чтения «Почва как носитель плодородия». СПб, Типография изд. СПбГУ, 2008. С. 166.
6. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Экологические функции почвы. М.: Изд. Моск. ун-та, 1986.
7. *Казимиров Н.И., Морозова Р.М.* Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973.
8. *Молчанов А.А.* Гидрологическая роль леса. М.: Изд. Академии наук СССР, 1960.
9. *Назаров Г.В.* Зональные особенности водопроницаемости почв СССР. Л.: Изд. ЛГУ, 1970.
10. *Ремезов Н.П., Погребняк П.С.* Лесное почвоведение. М.: Лесная промышленность, 1965.
11. *Роде А.А.* Почвенная влага. М.: Изд. Академии наук СССР, 1952.
12. *Рожков В.А., Кузнецова И.В., Рахматуллоев Х.Р.* Методы изучения корневых систем растений в поле и лаборатории: Учебно-методическое пособие для студентов спец. 260400 и 260500. М.: МГУЛ, 2004.
13. *Судницын И.И.* Закономерности передвижения почвенной влаги. М.: Наука, 1964.
14. *Судницын И.И.* Новые методы оценки водно-физических почв и влагообеспеченности леса. М.: Наука, 1966.
15. *Сукачев В.Н., Дылис Н.В.* Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964.
16. *Чертов О.Г.* Экология лесных земель (почвенно-экологическое исследование лесных местообитаний). Л.: Наука, 1981.
17. *Якушев Б.И.* Исследование растений и почв: Экол.-физиол.методы. Минск: Наука и техника, 1988.
18. *Гидрологические исследования* в лесу: Сб. статей и материалов/ АН СССР; [Отв. ред. Молчанов А.А.]. – М.: Наука, 1970.
19. *Почвенно-гидрологические исследования* в лесу и лесных культурах. М., 1963.
20. *Почвенно-экологические исследования* в лесных биогеоценозах. Горбачев В.Н., Дмитриенко В.К., Попова Э.П. и др. – Новосибирск: Наука, 1982.
21. *Почвы и продуктивность* растительных сообществ: Сб. статей и материалов/ [Рецензенты Быстринская Т.Л., Карпачевский Л.О.]. – М.: Из-во Моск. ун-та, 1976.
22. *Экология и продуктивность* лесов Нечерноземья. М.: Из-во Моск. ун-та 1980

Работа рекомендована д.с-х.н. проф. Б.Ф. Апариным.

УДК 631.41

ЭМИССИЯ МЕТАНА ИЗ ТИПИЧНЫХ БОЛОТНЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

М.В. Глаголев[1,2], И.В. Филиппов[2], И.Е. Клепцова[1], Ш.Ш. Максютов[3]

[1]Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова
[2]Югорский Государственный Университет, Ханты-Мансийск
[3]National Institute for Environmental Studies, Tsukuba

Приведены характерные значения потока CH_4 в болотных ландшафтах северной тайги, лесотундры и тундры Западной Сибири. Они варьируют от -0.03 мгС-$CH_4 \cdot м^{-2} \cdot ч^{-1}$ (для мерзлых бугров в тундре) до 4.81 мгС-$CH_4 \cdot м^{-2} \cdot ч^{-1}$ (для обводненных мочажин лесотундры и северной тайги). Неопределенность регионального потока с территории Западной Сибири (обусловленная разбросом экспериментальных данных как за счет погрешностей измерения, так и за счет естественной вариабельности природных объектов) оказывается наибольшей для озер тундры, почти неизученных в плане эмиссии метана.

ВВЕДЕНИЕ

Заболоченные почвы играют существенную роль в проблеме глобального изменения климата, в частности, являясь источником такого важного парникового газа, как метан. Особый интерес в этом отношении представляют болотные экосистемы России (занимающие вместе с заболоченными мелкооторфованными землями примерно 21.6 % ее территории (*Вомперский с соавт*., 2005)). Западная Сибирь является крупнейшим болотным регионом страны, поэтому целью наших исследований в последние годы являлось уточнение региональной оценки эмиссии метана с территории Западной Сибири. Задача данной работы – оценить, во-первых, величины удельных потоков метана, характерные для севера Западной Сибири, и, во-вторых, неопределенность регионального потока, порождаемую разбросом этих величин.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Измерения потоков CH_4 проводились методом статических камер в течение летне-осенних периодов 2007–2008 гг. на территории Ханты-Мансийского (ХМАО) и Ямало-Ненецкого Автономных Округов (ЯНАО). Для возможности пространственной экстраполяции полученных данных в качестве объектов исследований выбирались наиболее типичные для данной территории болотные ландшафты (1-ый ключевой участок расположен в подзоне южной тундры, два последующих – в лесотундре, а остальные – в северной тайге):

1. Ключевой участок T.Ur: 66.53097° с.ш., 76.51204° в.д. ЯНАО. Плоскобугристый комплекс в междуречье Табьяхи и Нгарка-Табьяхи (50 км к северу от г. Новый Уренгой). Преобладают плоские кутарничково (*Ledum decumbens*)-лишайниковые (*Cladonia stellaris*, *Cladonia rangiferina*) мерзлые бугры в комплексе с олиготрофными пушицево (*Eriophorum russeolum*)-сфагновыми (*S. linbergii*, *S. jensenii*, *S. balticum*) и осоково (*C. rotundata*)-сфагновыми мочажинами (в сумме этот комплекс составляет 70 % общей площади озерно-болотных систем). Небольшие площади (10 %) заняты эутрофными ерниково (*Betula nana*)-сфагново-гипново-печеночниковыми мелкозалежными болотами. Около 20 % площади занимают крупные первичные (с песчаным дном) и мелкие вторичные (с торфяным дном) озера.
2. Ключевой участок T.Pa.Pal: 65.88983° с.ш., 74.9738° в.д. ЯНАО. Плоскобугристые комплексы в истоках р. Прав. Хетта (30 км к востоку от г. Пангоды). Преобладают плоскобугристые комплексные болота, которые включают плоские кустарничково (*Ledum decumbens*)-лишайниковые (виды из родов кладония, цетрария, аллектория) бугры, пушицево (*E. russeolum*)-осоково (*C. chordorrhyza*, *C. rotundata*)-моховые

© М.В. Глаголев, И.В. Филиппов, И.Е. Клепцова, Ш.Ш. Максютов, 2009

(*Sphagnum lindbergii*, *S. jensenii*, *Warnstorfia fluitans*) талые мочажины и озерки разного происхождения. Плоские бугры, мочажины и озерки вносят примерно равный вклад в состав комплекса (т.е., примерно по 30 %).

3. Ключевой участок T.Pa.Has: 65.76349° с.ш., 75.5289° в.д. ЯНАО. Плоскобугристый комплекс в верховьях р. Б. Ямсовей (50 км к юго-западу от г. Новый Уренгой). Для данного плоскобугристого комплекса помимо мерзлых кустарничково-лишайниковых бугров и осоково-моховых мочажин, характерны крупные 1–3 км^2 спущенные озера – "хасыреи". Растительность в хасыреях представлена сомкнутыми зарослями осоки водяной (*C. aquatilis*), под ее пологом с небольшим проективным покрытием встречаются мезотрофные мхи (*Sphagnum subsecundum*, *S. squarrosum*, *S. riparium*, *Warnstorfia fluitans*, *Scapania paludosa*). В некоторых случаях, в хасыреях представлен кустарниковый ярус из ив (*S. laponum*, *S. myrtilloides* и др.) Распределение по площадям: первичные и вторичные озера – 20 %, плоские бугры – 30 %, мочажины – 30 %, хасыреи – 20 %.
4. Ключевой участок T.No.FPL: 63.79543° с.ш., 75.54731° в.д. ЯНАО. Плоскобугристо-озерный комплекс в междуречьи р. Пякупура и р. Апакапура (70 км к северу от г. Ноябрьск). Преобладают плоские кустарничково-лишайниковые бугры с олиготрофными пушицево-сфагновыми и осоково-сфагновыми мочажинами. Кроме того, примерно половину площади озерно-болотного комплекса занимают озера с минеральным (песчаным) дном.
5. Ключевой участок T.No.Fen: 63.21319° с.ш., 76.38866° в.д. ЯНАО. Мезотрофные осоково-хвощево-моховые болота в древней долине р. Денна (истоки р. Вынгапур, 45 км к востоку от г. Ноябрьск). Для этого участка характерны небольшие по площади вытянутые вдоль рек Тлятсяйяха, Чукусампль, Денна и др. мезотрофные болота с доминированием осок (*C. chordorrhyza*, *C. rostrata*), вахты, хвоща (*E. fluviatile*), гипновых (*Warnstorfia fluitans*, *Drepanocladus aduncus*) и сфагновых (*S. subsecundum*, *S. squarrosum*, *S. obtusum*) мхов.
6. Ключевой участок T.No.GMOK: 63.09443° с.ш., 74.3011° в.д. ЯНАО. Крупнобугристые комплексы на северной окраине Сургутского Полесья (истоки р. Итуяха, 50 км к западу от г. Ноябрьск). Преобладают комплексы сложенные крупными (до 5 м высотой) буграми, пушицево-гипновыми топями и вторичными озерками. Небольшую площадь занимают талые грядово-мочажинные комплексы с олиготрофными и мезотрофными мочажинами и кустарничково-сфагновыми грядами, незначительную площадь занимают плоские бугры и рям с сильно угнетенной сосной.
7. Ключевой участок T.No.GOK: 62.97919° с.ш., 75.19646° в.д. ЯНАО. Озерно-болотный комплекс в истоках реки Айкаеган (20 км к юго-западу от г. Ноябрьск). Комплексное грядово-мочажинное болото, характерной особенностью которого является чередование олиготрофных, большей частью мерзлых сосново-кустарничково (*Ledum palustris*, *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polyfolia*)-лишайниково-сфагновых (*S. fuscum*) гряд и мезотрофных талых осоково (*C. limosa*, *C. lasiocarpa*, *C. rostrata*)-сфагновых (*S. jensenii*, *S. subsecundum*, *S. papillosum*) мочажин.
8. Ключевой участок T.Su.Ryl: 62.5417° с.ш., 74.92955° в.д. ХМАО. Озерно-болотный комплекс в междуречье рек Айкаеган и Ортъягун (75 км к югу от г. Ноябрьск). Преобладают (50–70 % площади) первичные озера с песчаным дном, между озерами располагаются олиготрофные комплексы из островков ряма, гряд, мочажин и топей. Часть площади занята мезотрофными осоково-сфагновыми болотами с редкой березой.

Аналитическая техника и статистическая обработка, используемые при конкретной реализации камерно-статического метода, описаны ранее – см. (Глаголев и Смагин, 2006; Глаголев и Шнырев, 2008).

Расчеты региональной эмиссии проводились по «стандартной модели» Ab3 («стандартные модели» эмиссии метана для Западной Сибири были описаны ранее – см. (*Глаго-*

лев, 2008)), использующей в качестве картографической основы электронную карту болотных комплексов Западной Сибири (*Peregon et al*., 2008), основанную на типологии *Романовой с соавт*. (1977). Методика введения обобщенных литературных данных в «стандартную модель» описана в (*Глаголев и Суворов*, 2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице представлены характерные величины удельных потоков CH_4, вычисленные по результатам 248 измерений в типичных болотных ландшафтах севера Западной Сибири, полученных как в экспедициях под руководством одного из авторов так и на основе литературных данных (*Слободкин с соавт*., 1992; *Naumov*, 2001; *Naumov et al*., 2007).

Таблица. Входящие в «стандартную модель» Ab3 характерные величины удельных потоков CH_4, мгС-CH_4·м$^{-2}$·ч$^{-1}$ (в скобках – неопределенность регионального потока, кТС-CH_4/год).

Зона или подзона	Тип болотного ландшафта							
	Обводненные мочажины	Мерзлые бугры	Рямы	Гряды	Олиготрофные мочажины	Мезотрофные болота	Эутрофные болота	Озера и озерки
Тундра	н.д.	-0.03 (13)	Отсутствуют в данных природных зонах		0.06 (4)	0.47 (0.7)	0.47 (187)	0.55 (4572)
Лесотундра	4.81 (0.2)	0.20 (4)			1.12 (40)	1.28 (0.4)	1.28 (529)	0.55 (31)
Северная тайга	4.81 (19)	0.00 (21)	0.01 (378)	0.01 (154)	0.34 (57)	0.68 (28)	0.68 (78)	1.40 (1061)

Региональный поток с территории Западной Сибири вычисляется по «стандартной модели», представляющей собой совокупность предположений и эмпирических данных о плотностях вероятностей распределений удельных потоков f_{ij} для каждого болотного ландшафта j-го типа в i-ой природной зоне/подзоне, а также о величинах занимаемых этими ландшафтами площадей S_{ij} и периодах эмиссии метана T_i. В связи с тем, что полученное к настоящему времени количество и качество данных сильно различается для конкретных местообитаний, некоторые типы болотного ландшафта не удается охарактеризовать индивидуальным статистически значимым удельным потоком метана. В этой ситуации приходится объединять экспериментальную информацию об удельных потоках. Такое объединение можно обоснованно проводить либо для потоков из одного и того же типа болотного ландшафта в соседних зонах, либо по близким типам ландшафтов внутри одной зоны (подзоны). Как видно из табл., в модели Ab3 приписывается одно и то же значение удельного потока, во-первых, озерам тундры и лесотундры; во-вторых, обводненным мочажинам лесотундры и северной тайги; и, в-третьих, рямам и грядам северной тайги. Кроме того, внутри зоны (подзоны) не различаются удельные потоки из мезотрофных и эвтрофных болот. Годовой региональный поток CH_4 с территории Западной Сибири, согласно «стандартной модели» Ab3 составляет 3.0 МтС-CH_4. Однако погрешность этой величины составляет около 50 %.

Очевидно, что данная неопределенность оценки регионального потока порождается неполнотой наших знаний об удельных потоках, площадях болотных ландшафтов и периодах эмиссии метана. Т.к. предметом наших исследований в данной работе являлись лишь удельные потоки, то мы остановимся только на неопределенности, обусловленной ими. Обозначим через $\partial F/\partial f_{ij}$ коэффициенты абсолютной чувствительности регионального потока к индивидуальным удельным потокам. Неопределенность регионального потока (ΔF_{ij}), порождаемая тем, что истинное значение удельного потока отличается от измеренного нами на некоторую величину Δf_{ij}, составляет тогда $\Delta F_{ij}=\Delta f_{ij}\cdot\partial F/\partial f_{ij}$. При распределении удельного потока, близкого к нормальному, можно для Δf_{ij} использовать хорошо известную в статистике доверительную оценку (*Румшиский*, 1971), тогда

$$\Delta F_{ij} = \sigma_{ij} \cdot t_{st} \cdot n_{ij}^{-1/2} \cdot (\partial F / \partial f_{ij}),$$

где σ_{ij} – стандартное отклонение для f_{ij}, t_{st} – коэффициент Стьюдента, n_{ij} – количество измерений, на основании которых была определена величина f_{ij}.

Результаты расчетов приведены в табл., откуда видно, что условно факторы неопределенности регионального потока метана с территории Западной Сибири могут быть разделены на три группы. На сегодняшний день наибольшую неопределенность вносят озера тундры и северной тайги, они могут считаться почти совершенно неизученными, и любые новые данные об удельных потоках CH_4 из них должны резко уменьшить неопределенность регионального потока. Неопределенность, порождаемая эвтрофными болотами тундры и лесотундры, а также рямами и грядами северной тайги на порядок меньше, но, тем не менее, она все еще велика, и эти местообитания также требуют дальнейшего изучения. Остальные болотные ландшафты могут считаться хорошо изученными (в плане эмиссии CH_4).

Благодарности

Авторы хотели бы выразить благодарность всем тем студентам и сотрудникам факультета Почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, которые в 2006–2007 гг. принимали участие в экспедициях (под руководством одного из авторов) по измерению эмиссии метана в Западной Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вомперский С.Э., Сирин А.А., Цыганова О.П., Валяева Н.А., Майков Д.А.* Болота и заболоченные земли России: попытка анализа пространственного распределения и разнообразия // *Изв. РАН Сер. географ.*, 2005, №5, с. 21–33.
2. *Глаголев М.В.* Эмиссия метана: идеология и методология «стандартной модели» для Западной Сибири // Динамика окружающий среды и глобальные изменения климата: Сборник научных трудов кафедры ЮНЕСКО Югорского государственного университета. Вып. 1 / Глаголев М.В., Лапшина Е.Д. (ред). – Новосибирск: НГУ., 2008 – с. 176–190.
3. *Глаголев М.В., Смагин А.В.* Количественная оценка эмиссии метана болотами: от почвенного профиля – до региона (к 15-летию исследований в Томской области) // *Доклады по экологическому почвоведению*, 2006, 3(3). С. 75–114. (Статья доступна по адресу: http://jess.msu.ru/index.php?option=com_scibibliography&func=view&id=34&Itemid=121&catid=62).
4. *Глаголев М.В., Суворов Г.Г.* Эмиссия метана болотными почвами средней тайги Западной Сибири (на примере Ханты-Мансийского автономного округа) // Доклады по экологическому почвоведению, 2007, 6(2). С. 90–162. (Статья доступна по адресу: http://jess.msu.ru/index.php?option=com_scibibliography&func=view&id=55&Itemid=121&catid=65).
5. *Глаголев М.В., Шнырев Н.А.* Летне-осенняя эмиссия CH_4 естественными болотами Томской области и возможности ее пространственно-временной экстраполяции // Вестник МГУ, сер. Почвоведение, 2008. №2. С. 24–36.
6. *Романова Е.А., Быбина Р.Т., Голицына Е.Ф., Иванова Г.М., Усова Л.И., Трушникова Л.Г.* Типологическая карта болот Западно-Сибирской равнины, масштаб 1:2 500 000. – Л.: ГУГК, 1977.
7. *Румшиский Л.З.* Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука. 1977 – 192 с.
8. *Слободкин А.И., Паников Н.С., Заварзин Г.А.* Образование и потребление метана микроорганизмами в болотах тундры и средней тайги // Микробиология, 1992, 61(4), 683–691.
9. *Naumov A.V.* Emission of CH_4 and CO_2 in connection with temperature conditions of peat bog soils in the northern taiga subzone // Васильев С.В., Титлянова А.А., Величко А.А. (ред.). Материалы международного полевого симпозиума «Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее» (г. Ноябрьск, 18–22 августа 2001 г.). – Новосибирск, 2001. ООО «Агенство Сибпринт». – с. 110–112.
10. *Naumov A.V., Huttunen J.T., Repo M.E., Chichulin A.V., Peregon A.M., Filippov I., Lapshina E.D., Martikainen P.J., Bleuten W.* West Siberian peatlands: comparative study of greenhouse gas emission in middle taiga and forest tundraclimatic conditions // Proceedings of the Second International Field Symposium «West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present» (Khanty-

Mansiysk, August 24 – September 2, 2007) / Под ред. акад. С.Э. Вомперского. – Tomsk: Изд-во НТЛ. – p. 132–135.
11. *Peregon A., Maksyutov S., Kosykh N., Mironycheva-Tokareva N.* Map-based inventory of wetland biomass and net primary production in western Siberia // Journal of Geophysical Research, 2008, 113, G011007, doi:10.1029/2007JG000441.

УДК: 631.42

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ НА СВОЙСТВА ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОН

В.В. Каганов

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва

В работе рассмотрены особенности изменения свойств почв под влиянием лесонасаждений в условиях лесостепной и степной зон. Проведено сопоставление почв естественных безлесных территорий с почвами участков, находящихся непосредственно под лесополосами. Показаны изменения ряда свойств почв, произошедшие при взаимодействии этих почв с древесной растительностью.

В связи с развитием в настоящее время новой парадигмы сельскохозяйственного производства, возникает необходимость в создании продуктивных и устойчивых агроэкосистем. В лесостепной и степной зонах нашей страны, где сосредоточены наиболее ценные в агрономическом отношении типы почв, защитные лесополосы являются неотъемлемым компонентом агроценозов, в связи с чем и возникает необходимость изучения вопросов их влияния на почвенный покров.

Многолетними исследованиями, которые проводились с конца XIX века, было установлено, что созданные человеком лесополосы лесные полосы и массивы могут оказывать значительное влияние на микроклиматические условия территории, а также на ее водный режим. Впоследствии, также неоднократно изучалось и влияние лесонасаждений на непосредственно занимаемые ими почвы, однако, данные этих исследований, проводимых в разное время на различных объектах, весьма противоречивы, кроме того, работы главным образом проводились на черноземах, тогда как каштановые почвы по данному вопросу изучались значительно меньше.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В рамках данной работы изучался характер влияния лесных насаждений на два типа черноземных и два типа каштановых почв. В качестве объектов исследования были выбраны государственные защитные лесополосы, созданные в 50-е годы в рамках работ по Плану преобразования природы, принятому правительством в 1948 году. При выборе объектов ставились задачи сравнения разных типов почв в условиях разной их приуроченности к лесонасаждениям с одной стороны, и к целинным и залежным степным территориям с другой. Участки, намечавшиеся для закладки почвенных разрезов, как под древостоем так в открытой степи выбирались путем тщательного сопоставления по условиям рельефа с таким расчетом, чтобы различия в почвах по морфологическим и физико-химическим свойствам обуславливались лишь одним фактором – лесными насаждениями. На заложенных разрезах проводилось морфогенетическое описание профилей почв. Отбор образцов проводился по генетическим горизонтам, после чего почва доводилась до воздушно-сухого состояния и анализировалась в лабораторных условиях. В подготовленных образцах определялись следующие показатели:

- предельно-полевая влагоемкость весовым методом;

© В.В. Каганов, 2009

- содержание общего углерода по методу Тюрина;
- pH водной вытяжки потенциометрическим методом;
- содержание углерода микробной биомассы методом субстрат-индуцированного дыхания.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Объект №1 представляет собой северный участок государственной защитной лесополосы Воронеж – Ростов-на-Дону. Почва на данном объекте представлена черноземом обыкновенным маломощным.

Таблица 1. Мощность почвенных горизонтов и границы вскипания на объекте №1

горизонт	поле	лесополоса
A	28	35
AB	31	35
B	35	28
вскипание	59 см	74 см

Таблица 2. Свойства чернозема обыкновенного маломощного объекта №1

Горизонт	поле				лесополоса			
	ППВ, %	С общ, %	pH водн	Смик.мкг/г почвы	ППВ, %	С общ, %	pH водн	Смик.мкг/г почвы
A	48.70	1.86	6.76	432.0	53.05	1.89	6.15	172.9
AB	52.11	0.83	7.74	56.3	49.36	0.50	6.71	52.3
B	47.70	0.52	8.59	40.9	47.70	0.39	8.53	32.9

Как видно из таблиц, при сопоставлении морфологии профилей почв объекта №1 в почве под древостоем отмечается увеличение мощности горизонта А и снижение границы вскипания. В данных лабораторного анализа наблюдается практически равное содержание общего углерода в горизонтах А, при этом показатель ППВ выше у почвы под древостоем, что, вероятно, объясняется ее лучшей оструктуренностью и большим содержанием илистой фракции. Также в горизонтах А и АВ под лесополосой снижается значение pH водной вытяжки. В горизонте А почвы из-под древостоя по сравнению с почвой открытой местности наблюдается снижение содержания углерода микробной биомассы в достаточно резкой форме – почти в три раза.

Объект №2 представляет собой восточный участок Козловской лесной дачи – массивной лесополосы, находящейся на севере Волгоградской области. Почва объекта представлена черноземом южным мощным. В виду большой мощности горизонтов АВ в обоих разрезах, с целью получения более точных аналитических данных они были условно разделены на две равные части – верхнюю и нижнюю.

Таблица 3. Мощность почвенных горизонтов и границы вскипания на объекте №2

горизонт	поле	лесополоса
A	30	40
AB	73	63
вскипание	44 см	48 см

Таблица 4. Свойства чернозема южного мощного объекта №2

Горизонт	поле				лесополоса			
	ППВ, %	С общ, %	pH водн	Смик.мкг/г почвы	ППВ, %	С общ, %	pH водн	Смик.мкг/г почвы
A	56.34	3.22	6.89	544.8	54.91	3.22	6.39	250.8
AB верх	50.87	1.69	8.41	81.9	50.24	1.22	8.67	56.2
AB нижн	49.15	0.89	8.61	38.0	47.40	0.72	8.72	35.6

В условиях этого объекта также наблюдается увеличение мощности горизонта А почвы под древостоем, следует отметить, что это достигается за счет смещения ниже по профилю границы между горизонтами А и АВ. Граница вскипания под лесополосой снижена незначительно. Аналитические данные для почв под лесополосой и на поле имеют близкие значения, следует при этом обратить внимание, на то, что после характерного снижения значения pH в горизонте А почвы под древостоем, наблюдается его некоторое увеличение в верхней части горизонта АВ по сравнению с почвой степи. Характер распределения углерода микробной биомассы в целом повторяет картину предыдущего объекта, в этом случае также наблюдается снижение его содержания в верхнем горизонте почвы под лесополосой.

Объектом №3 является северный участок государственной защитной лесополосы Камышин–Волгоград. Почва объекта темно-каштановая мощная.

Таблица 5. Мощность почвенных горизонтов и границы вскипания на объекте №3

горизонт	поле	лесополоса
А	30	35
B_1	25	36
Вск	43	27
вскипание	52 см	42 см

Таблица 6. Свойства почвы темно-каштановой мощной объекта №3

Горизонт	поле				лесополоса			
	ППВ, %	С общ, %	pH водн	Смик.мкг/г почвы	ППВ, %	С общ, %	pH водн	Смик.мкг/г почвы
А	54.89	2.34	6.82	203.3	51.69	1.53	6.27	137.2
B_1	45.23	1.34	8.29	65.0	46.60	0.60	8.71	29.7
Вск	44.77	0.52	8.74	26.1	45.61	0.41	8.80	22.6

Картина изменения морфологии профилей почв данного объекта имеет схожие тенденции, однако в этом случае в почве лесополосы наблюдается увеличение мощности как горизонта А, так и нижележащего горизонта В1. В отличие от черноземов, в этом типе почв наблюдается иной характер изменения границы вскипания. В почве под древостоем наблюдается ее поднятие на 10 см по сравнению с почвой степи. Данные лабораторного анализа показали, что при снижении содержания общего углерода, почва под лесополосой имеет сопоставимые с почвой степи значения ППВ, что, как уже говорилось ранее, может свидетельствовать о благотворном влиянии лесонасаждения на структуру почвы. Также необходимо обратить внимание на изменение значений pH водной вытяжки. После снижения этого показателя в горизонте А под древостоем наблюдается его резкое увеличение в горизонте В1, превышающее значение для аналогичного этого горизонта в почве степи. Это очевидно связано с поднятием границы залегания карбонатных солей. Распределение углерода микробной биомассы в почвах данного объекта отличается тем, что в этом случае наблюдается значительное снижение содержания микробного углерода не только в горизонте А, но и в горизонте В1.

Объект№4 представлен северным участком государственной защитной лесополосы Волгоград-Черкесск. Почва объекта светло-каштановая среднемощная.

Таблица 7. Мощность почвенных горизонтов и границы вскипания на объекте №4.

горизонт	поле	лесополоса
А	13	25
B_1	31	21
B_2	16	11
Ск	39	39
вскипание	78 см	59 см

Таблица 8. Свойства почвы светло-каштановой среднемощной объекта №4.

Горизонт	поле				лесополоса			
	ППВ, %	С общ, %	pH водн	Смик.мкг/г почвы	ППВ, %	С общ, %	pH водн	Смик.мкг/г почвы
А	51.72	1.04	7.27	252.8	60.60	0.83	7.70	71.2
B_1	43.73	0.54	7.08	73.0	54.64	0.74	7.55	71.9
B_2	44.98	0.44	7.40	49.0	51.15	0.48	8.55	28.1
Ск	44.53	0.37	8.64	26.9	48.71	0.27	8.77	16.3

Профиль почвы данного объекта имеет более сложное строение, что обуславливает и большую сложность его преобразования под влиянием лесополосы. Наиболее значительным изменением является поднятие границы вскипания в почве под древостоем на 19 см по сравнению с почвой степи. В данных лабораторного анализа при меньшем содержании общего углерода в горизонтах почва под лесополосой демонстрирует более высокие водоудерживающие свойства (ППВ), что как и в почве предыдущего объекта, подтверждает предположение о благотворном влиянии лесополосы на структуру почвы. Характер распределения микробного углерода в профилях почв, в целом, повторяет картину представленную на предыдущих объектах.

ВЫВОДЫ

Проделанная работа позволяет сделать вывод о том, что лесонасаждения являются мощным почвообразующим фактором, оказывающим глубокое и разностороннее влияние на морфологическое строение, физико-химические и биологические свойства занимаемых ими почв. В наибольшей степени изменения наблюдаются в верхних почвенных горизонтах.

Следует также отметить, что при наличии некоторого сходства в характере изменения свойств различные типы почв имеют характерные отличительные черты. Одной из наиболее важных особенностей преобразования почв под действием древостоя является различный характер изменения границы вскипания в разных типах почв. Это явление может быть объяснено тем, что в зоне распространения черноземных типов почв, количество накопленных под лесополосами осадков оказывается достаточным для промачивания профиля почвы и смещения границы вскипания вниз по профилю. При продвижении на юг, в районы распространения каштановых типов почв количество осадков существенно уменьшается, а испаряемость возрастает. В этом случае осадки, накопленные лесополосой, промачивают профиль почвы до уровня залегания карбонатных солей, после чего вода начинает активно потребляться древесной растительностью, в результате в почве возникает восходящий ток влаги, вслед за которым к поверхности подтягиваются карбонатные соли.

Другое важное явление – снижение содержания углерода микробной биомассы в верхних горизонтах почвах под лесополосами, объясняется главным образом изменением характера поступающих в почву органических остатков, а также изменением реакции почвенного раствора. Проведенные дополнительные исследования (посевы на твердые питательные среды) показали, что снижение численности почвенных микроорганизмов под влиянием древостоя достигается за счет изменения структуры микробного сообщества, в результате которой часть видов, неспособных существовать в изменившихся условиях замещается видами с большей экологической пластичностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Казакова Е.Д., Крылова В.И.* Лесные защитные насаждения. М., 1963.
2. *Классификация и диагностика* почв СССР. изд. Почвенного института им. В.В.Докучаева М., 1977.
3. *Лесное хозяйство и агролесомелиорация* в Нижнем Поволжье. Сб. науч. работ / Саратов.,1986.

4. *Соловьев П.Е.* Влияние лесных насаждений на почвообразовательный процесс и плодородие степных почв. Изд. МГУ М.,1967.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Карепиной Т.А., ст. преп. Слюсаревым В.И.

УДК 543.544

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ХИТОЗАНА С ЦЕЛЬЮ ОЧИСТКИ ПОЧВ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Н.Г. Кокорина

Волгоградский государственный технический университет

Показана возможность эффективной сорбции нефтепродуктов из почвы с помощью мелкоизмельченного хитозана и его растворов различной концентрации. Выявлены отличия сорбционной способности в зависимости от гранулометрического состава почв, сроков экспозиции. Предложено использование хитозана для предупреждения загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами.

Разливы нефтепродуктов вызывают сильные и во многом необратимые повреждения природных комплексов. В органогенных почвенных горизонтах происходит аккумуляция высокомолекулярных углеводородов. Загрязнение почв нефтепродуктами вызывает негативные изменения морфологических, физических и химических свойств [1, 4]. Это приводит к деградации почв, а состояние ландшафтов оценивается как экологическое бедствие. Проблема рекультивации загрязненных нефтепродуктами почв приобретает исключительное значение, особенно в Волгоградской области, на территории которой большие площади занимают действующие нефтегазовые месторождения [2].

Наиболее эффективным и доступным методом быстрого сбора нефтепродуктов является сорбция. В мире в настоящее время насчитываю около двухсот видов различных сорбентов. В России существуют собственные технологии производства сорбентов нефтепродуктов из местного сырья и отходов. В научной литературе имеются данные об его применении для очистки поверхностных и сточных вод 0.1 %

Широкое использование природных сорбентов перспективно. Их низкая стоимость и простая технология подготовки вместе с высокими сорбционными свойствами делают реальным возможность очистки почвы от нефтепродуктов с их помощью.

В связи с постоянно растущими площадями загрязненных нефтепродуктами почв на территории Волгоградской области, возникла необходимость в поиске их эффективных и экономически выгодных сорбентов. Нами впервые исследована возможность использования хитозана для очистки почв от нефтепродуктов. Экономичность обусловлена наличием сырьевой базы: отходов, получаемых при очистке турбин Волжской ГЭС. В составе отходов – членистоногие (ракообразные). Основной представитель – жаброног. Изучаемый сорбент получают из хитина членистоногих в две последовательные стадии. Сначала хитин ракообразных обрабатывают 10 % соляной кислотой (декальцирование), а затем – 45–50 % гидроокисью натрия, после чего образуется хитозан [1, 3].

Сорбционные свойства хитозана можно объяснить его химической структурой. Реакционная способность обусловлена наличием в макромолекуле свободных аминогрупп, с помощью которых образуются комплексные соединения с органическими веществами различной степени растворимости [3, 4].

Снимки хитозана, сделанные с помощью оптического микроскопа с 200-кратным увеличением, выявили наличие в сорбенте микропор. Это позволяет предположить возможность физического поглощения нефтепродуктов, а, значит, вероятность двух видов сорбции – химической и физической.

© Н.Г. Кокорина, 2009

Хитозан мало растворим в воде, но хорошо в органических кислотах. Этот природный сорбент в органической среде набухает и способен прочно удерживать в своей структуре растворитель, а также растворенные и взвешенные в нем вещества [1].

Нами изучались сорбционные свойства природного биополимерного сорбента – хитозана для детоксикации почв, загрязненных нефтепродуктами, на территории АЗС г. Волжского, Волгоградской области, ООО «Росхимторг-ойл».

Отбор проб проводили по ГОСТу 17.4.4.02-84 по периметру вокруг четырех баков, предназначенных для временного хранения нефтепродуктов, с глубины 0–10 см. Из отобранных проб готовили смешанную. Для определения фоновой концентрации почвенного углерода была взяты пробы незагрязненной нефтепродуктами светло-каштановых глинистой и песчаной почвы за территорией АЗС (10 метров от ее границы).

Подготовку почвы к анализу проводили согласно ГОСТу 17.4.4.02-84. Содержание углерода в почве определяли по методике ГОСТ Р 51797-2001, путем экстракции н – гексаном на приборе "Флюорат 02-3М ЛЮМЭКС".

Лабораторные исследования проводились на кафедры «Химической технологии полимеров и промышленной экологии» Волжского политехнического института (филиал ВолгГТУ).

Для проведения модельного опыта брали навеску почвы массой 50 г. В одном варианте в колбу помещали 0.1 г мелкоизмельченного хитозана, в другом – 0.1 % раствор сорбента. В песчаной почве сорбцию проводили также 0.05 % раствором.

Навеску хитозана, равную 0.2 г, растворяли в уксусной кислоте 0.02 % для получения 0.1 % раствора. Выбор уксусной кислоты в качестве растворителя обусловлен ее химическими свойствами, так как в отличие от других органических кислот процесс растворения хитозана в ней происходит в два раза интенсивнее [4]. Значение pH приготовленного раствора составляет 6.5, при малых концентрациях (0.05 %) раствора хитозана – 7. Поэтому использование раствора хитозана для почв Волгоградской области, с аналогичной окислительно – восстановительной средой, оправдано.

Для чистоты опыта массу мелкоизмельченного хитозана подбирали таким образом, чтобы концентрация углерода в обоих вариантах была одинакова. Нами был поставлен ряд модельных опытов. Полученные данные представлены в таблицах 1 и 2.

Как показали проведенные нами исследования, эффективность сорбции нефтепродуктов из светло-каштановой песчаной почвы 0.1 % раствором хитозана выше, чем при его разбавлении. При экспозиции в течение двух суток она составляет соответственно 99.60 и 12.84 % (разбавление), в течение четырех суток – 99.96 и 70.91 %. Очевидно, что разбавленный раствор сорбирует больше при увеличении срока контакта с загрязненной почвой.

Результативность сорбции нефтепродуктов из песчаной почвы 0.1 % раствором хитозана мало изменяется в зависимости от срока экспозиции, и составляет соответственно 99.60 и 99.96 %. Больше всего нефтепродуктов 0.1 % раствор хитозана извлекает из песчаной почвы – 99.60 по сравнению с глинистой почвой – 90.18 % спустя двое суток экспозиции и 99.96 и 96.02 % – через четверо суток. Извлечение нефтепродуктов раствором хитозана возрастает после четырех суток экспозиции неравномерно: на 0.36 % – в песчаной почве и на 5.84 % – в глинистой.

Действенность двухсуточной сорбции нефтепродуктов мелкоизмельченным хитозаном примерно вдвое выше в глинистой почве по сравнению с песчаной, соответственно 94.37 и 46.22 %. Длительность экспозиции при сорбции в глинистой почве возрастает на 5.59 %. В песчаной почве значение доли сорбируемых нефтепродуктов в зависимости от срока экспозиции изменяется еще больше – с 46.22 до 77.85 %.

Из анализа представленного материала (таблицы 1, 2) видно, что эффективная сорбция нефтепродуктов в глинистой почве происходит с применением мелкоизмельченного хитозана, особенно на четвертые сутки. В светло-каштановой песчаной почве обратная зависимость – раствор хитозана практически вдвое эффективней, чем мелкоизмельченным

сорбентом при экспозиции в течение двух суток и в полтора раза – в течение четырех суток. Разбавление раствора хитозана снижает продуктивность сорбции почти в 8 раз при экспозиции, равной двое суток, и в 1.4 раза – при экспозиции в течение четырех. Сорбция разбавленным раствором хитозана эффективнее в течение четырех суток и возрастает соответственно с 12.84 до 70.91 %.

Таблица 1. Содержание углерода в светло-каштановых почвах, загрязненных нефтепродуктами.

Схема опыта	Агрегатный состав хитозана	Содержание углерода, г/100 г	
		Время экспозиции	
		2 суток	4 суток
Глинистая почва			
Почва незагрязненная	–	1.998	1.998
Почва без хитозана с нефтепродуктами	–	69.667	69.667
Углерод раствора хитозана	0.1 % раствор	0.026	0.026
Почва с нефтепродуктами после сорбции	0.1 % раствор	6.841	2.770
Сорбированный хитозаном углерод	0.1 % раствор	62.826	66.897
Углерод мелкоизмельченного хитозана	Твердый	0.026	0.026
Почва с нефтепродуктами после сорбции	Твердый	3.925	0.897
Сорбированный хитозаном углерод	Твердый	65.742	69.641
Песчаная почва			
Почва незагрязненная	–	1.666	1.666
Почва без хитозана с нефтепродуктами	–	66.334	66.334
Почва с нефтепродуктами после сорбции	Твердый	35.674	14.691
Сорбированный хитозаном углерод	Твердый	8.518	47.036
Почва без хитозанас нефтепродуктами	0.1 % раствор	66.334	66.334
Почва с нефтепродуктами после сорбции	0.1 % раствор	37.501	13.900
Сорбированный хитозаном углерод	0.1 % раствор	66.067	66.308
Углерод раствора хитозана	0.05 % раствор	0.013	0.013
Почва с нефтепродуктами после сорбции	0.05 % раствор	57.816	19.271
Сорбированный хитозаном углерод	0.05 % раствор	8.518	47.036

Таблица 2. Показатели эффективности сорбции нефтепродуктов из светло-каштановой почвы хитозаном.

Агрегатное состояние хитозана	Сорбированный хитозаном углерод, %	
	Время экспозиции	
	2 суток	4 суток.
Глинистая почва		
Твердый	94.37	99.96
0.1 % раствор	90.18	96.02
Песчаная почва		
Твердый	46.22	77.85
0.1 % раствор	99.60	99.96
0.05 % раствор	12.84	70.91

Полученные данные свидетельствуют о возможности ремедиации почвы с помощью сорбентов, полученных на основе хитозана. Хитозан способен длительное время сорбировать поступающие нефтепродукты.

Проведенные исследования показали, что хитозан достаточно эффективно очищает почву от нефтепродуктов Его можно применять как в мелкоизмельченном виде, так и в качестве раствора. Сорбция мелкоизмельченным хитозаном результативней в светло-каштановой почве глинистого гранулометрического состава, 0.1 % раствором – в песчаной светло-каштановой почве.

Нами обоснованы оптимальная концентрация раствора хитозана для сорбции нефтепродуктов из почвы, равная 0.1 %, а так же время экспозиции (двое суток).

В ходе модельного опыта нами показано, что раствор хитозана образует пленку на поверхности почвы, которую легко механически удалить. Это позволяет его использовать для предупреждения загрязнения почв нефтепродуктами.

Почвы считаются загрязненными, если концентрация нефтепродуктов достигает уровня, при котором проявляется негативное влияние на ее функции и свойства. До настоящего времени действует норматив, определяющий допустимое содержание нефтепродуктов в почве, равное 1 г/кг, хотя его обоснование отсутствует [2].

В исследуемой почве на территории АЗС содержание нефтепродуктов достигает 696.67 г/кг в светло-каштановой глинистой почве и 663.34 – в светло-каштановой песчаной почве. Это намного превышает даже существующие нормативы. И еще раз подтверждает актуальность решения вопроса предупреждения загрязнения почв нефтепродуктами и сорбции нефтепродуктов в загрязненной почве, особенно на территории таких объектов, как АЗС, которые расположены в черте города.

ВЫВОДЫ

1. Показана почти полная сорбция нефтепродуктов из почвы с помощью хитозана, которая достигает 99.96 %. Практически полное извлечение нефтепродуктов 0.1 % раствором позволяет экономить сорбент.

2. Эффективность двухсуточной сорбции нефтепродуктов мелкоизмельченным хитозаном примерно вдвое выше в глинистой почве по сравнению с песчаной. В глинистой почве основная часть нефтепродуктов сорбируется в первые двое суток, в песчаной почве такой зависимости не выявлено.

3. Сорбция в песчаной почве существенно возрастает на четвертые сутки при использовании мелькоизмельченного хитозана (в 1.7 раза).

4. Эффективность сорбции нефтепродуктов 0.1 % раствором хитозана выше, чем при его разбавлении. Для 0.1 % раствора хитозана результативность сорбции из песчаной почвы практически не зависит от срока экспозиции.

Извлечение нефтепродуктов 0.1 % раствором хитозана незначительно возрастает после четырех суток экспозиции особенно в глинистой почве. Практически полное извлечение нефтепродуктов 0.1 % раствором позволяет экономить сорбент.

5. Производительность сорбции нефтепродуктов в светло-каштановой песчаной почве 0.1 % раствором хитозана, практически вдвое больше при экспозиции в течение двух суток и в полтола раза – в течение четырех суток чем мелкоизмельченным сорбентом.

6. Разбавление раствора хитозана снижает сорбцию почти в восемь раз при экспозиции, равной двое суток, и почти в полтора раза (1.4), при четырехсуточном сроке. Сорбция разбавленным раствором хитозана в светло-каштановой песчаной почве эффективнее в течение четырех суток.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аренс В.Ж., Гридин О.М.* Эффективные сорбенты для ликвидации нефтяных разливов / В.Ж. Аренс, О.М. Гридин // Экология и промышленность России. М., Наука, 1997, №3. 8–11 с.
2. *Околелова А.А.* Экологические принципы сохранения почвенного покрова /А.А. Околелова, О.С. Безуглова, Г.С. Егорова.- Волгоград, РПК «Политехник», 2006. 96 с.
3. *Марьин А.П.* Высокомолекулярные соединения // А.П. Марьин, Е.П Феофилова и др. М., Наука, 1982, серия Б, Т. 24, № 9. - 658–662 с.
4. *Слисаренко Ф.Я.* Физико-химические исследования структуры природных сорбентов // Под. ред. Ф.Я. Слисаренко.- Саратов.- Наука, 1971. - 112 с.

Работа рекомендована д.б.н., профессором А. А. Околеловой.

УДК 631.4

ПОГРЕБЕНЫЕ ПОЧВЫ СРЕДНЕВЕКОВЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ НИЖНЕГО ПОВОЛХОВЬЯ

Т.А. Константинова

Санкт-Петербургский государственный университет

В работе рассмотрены особенности погребенных почв средневековых археологических памятников нижнего Поволховья – Земляного и Любшанского городища, их взаимосвязь с палеогидрологическими процессами и культурно-историческим развитием Старой Ладоги – крупнейшего торгово-ремесленного центра Древней Руси.

ВВЕДЕНИЕ

Взаимодействие человека и природной среды играло важнейшую роль в становлении и развитии древних сообществ. Применение почвенных методов в исследовании археологических объектов помогает решить актуальную задачу установления связи почвообразовательных, палеогидрологических и культурно-исторических процессов. Нижнее Поволховье – это район, где известны археологические памятники, начиная с каменного века (неолит) и вплоть до позднего средневековья. Изучение различных археологических древностей района началось еще в XVIII в., интенсивно продолжалось в XIX в. и в течение всего XX столетия. Однако тесное взаимодействие археологов и представителей естественных наук в этом районе началось лишь несколько лет назад, когда под руководством М.В. Шитова были организованы комплексные исследования средневековых археологических памятников [1, 7, 8, 9, 10].

Целью данной работы является изучение особенностей погребенных почв средневековых археологических памятников нижнего Поволховья, выявление их связи с культурно-историческими развитием региона.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами нашего исследования являются погребенные почвы средневековых археологических памятников нижнего Поволховья на примере раскопа археологической экспедиции Староладожского музея-заповедника (АЭСЛМЗ, разрез 1-СЛ - стратозем на погребенной перегнойно-темногумусовой глееватой почве на озерно-аллювиальных отложениях), Земляного городища (разрез 4-СЛ – погребенная темногумусовая глееватая на озерно-аллювиальных отложениях.) и Любшанского городища (разрез 2-СЛ - агрозем на погребенной темногумусовой почве на маломощном моренном суглинке, подстилаемый известковой плитой). Все объекты расположены в Волховском районе Ленинградской области и находятся в ведении Староладожского музея-заповедника. Природное и историческое развитие этой территории тесно связано с одной из великих рек северо-запада – Волховом. Без него невозможно было формирование такого крупного торгового и ремесленного центра, каким являлась Старая Ладога, поскольку эта река являлась элементом знаменитого Балтийско-Волжского пути «из Варяг в Греки». Но этот путь стал возможен только в результате ладожской трансгрессии, до которой долина Волхова представляла собой узкий каньон с водопадами и порогами, совершенно непригодный для судоходства [8].

Земляное городище – одна из крепостей древней Ладоги, обнаруженная на левом берегу р. Волхов. Уникальность и особенность этого памятника заключается в том, что под насыпями земляного оборонительного вала сохранился ненарушенный культурный слой, что позволяет проводить здесь масштабные археологические исследования. Памятник изучается с 1909 года, культурный слой здесь достигает более 3-х метров и отражает

© Т.А. Константинова, 2009

жизнь поселения с VIII по XVII века. Территорию раскопа АЭСЛМЗ можно отнести к окраинам древнего поселения Земляного городища.

Для погребенных почв на Земляном городище были получены пять ^{14}С-датировок [7], судя по которым, их образование началось 2130–1820 л.н. и закончилось около 1260 л.н. Последняя датировка очень близка к древнейшей дендрохронологической дате, полученной по строительным сооружениям – 753 г. от Р. Х. [4].

Любшанское городище относится к типичным городищам мысового типа и расположено в устье р. Любша, правого притока Волхова. Активное исследование памятника началось в 1968г, но вскоре было заброшено и возобновилось лишь в 1997 – 2001 гг. Волховской археологической экспедицией ИИМК РАН под руководством Е.А. Рябинина [5]. Ею были впервые обнаружены остатки уникальных оборонительных сооружений с каменными конструкциями, относящиеся к последней четверти I тысячелетия н. э. Также была вскрыта более ранняя земляная насыпь, которую по данным радиоуглеродного анализа можно отнести к VII – первой половине VIII в.

По углю из погребенной почвы и горелым бревнам из-под насыпи вала и каменной кладки стен получены восемь ^{14}С-датировок [1]. Две из них – 1730±70 л.н. (Ле-5659) и 1540±35 л.н. (Ле-5661) являются экстремально древними. Остальные образуют почти непрерывную последовательность от 1470±70 (Ле-5658)–1460±100 л.н. (Ле-7319) до 1380±80 (Ле-5656)–1370±65 л.н. (Ле-5662). Экстремально древние датировки следует, видимо, связывать с первым, раннесубатлантическим этапом хозяйственной деятельности на территории Любшанского городища. Серия датировок, приходящихся на середину–третью четверть I тыс. от Р.Х. относится, вероятно, уже ко второму, среднесубатлантическому, этапу, когда в районе городища распространяется земледелье.

Макроморфология была исследована в полевых условиях. Мезоморфологические особенности почв изучались на воздушно-сухих образцах с помощью бинокуляра. Физико-химические свойства определялись по методикам, описанным в пособиях «Руководство по химическому анализу почв» [2] и «Химический анализ почв» [6]. Магнитная восприимчивость определялась в лабораторных условиях с помощью каппометра Щ1413. Обработка почвенных образцов для карпологического анализа (поиск палеоботанических макроостатков) осуществлялся методом флотации с применением 20 % раствора NaCl (объем пробы 30 л.). Для индикации антропогенного воздействия на палеоландшафты нижнего Поволховья применялась методика, основанная на соотношении пыльцы различных экологических групп растений-индикаторов. Группы растений-индикаторов были выделены согласно классификации К.Е. Бэра и Б.Э. Берглунда с некоторыми изменениями[9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При морфогенетическом анализе в разрезе 1-СЛ ясно выделяются 2 толщи – полутораметровый, так называемый «мокрый» культурный слой, насыщенный растительными остатками, угольками, рыбьей чешуей, и погребенная почва (AH-AC-Cg_1-Cg_2). Почвообразующая порода отличается отсутствием органических включений и тяжелым гранулометрическим составом, создающим условия для застоя влаги, что и отражается в характерных для гидроморфных условий охристых пятнах, наличии изменяющего при окислении цвет вивианитового псевдомицелия. Расположенный на глубине 150–162 см перегнойный горизонт был отнесен к погребенной почве за счет нижней затечной границы и переходного характера нижележащего горизонта. Однако, даже если предположить естественное происхождение горизонта, нельзя отрицать его сильное антропогенное нарушение.

В разрезе 4-СЛ представлена только погребенная почва (AU-ACg-Cg_1-Cg_2), залегающая под 3-х метровой толщей культурного слоя. Верхний горизонт AU представляет собой довольно гомогенную темно-серую толщу. Дискуссионным вопросом является диагностирование этого горизонта как пахотного. На основании отсутствия выраженной

резкой границы, непостоянной мощности горизонта на стенках раскопа, а также малой вероятности возможности использования почвы для пахоты (что будет показано ниже), мы считаем, что этот горизонт не является пахотным. Почвообразующая порода представлена весьма неоднородной толщей. Интересным является и происхождение трещин в горизонте Cg_1, образующих в плане систему полигонов. По мнению М.В. Шитова [9], данное явление связано с растаскиванием тонкого глинистого слоя, залегающего на плывунных песках под весом строений и культурного слоя земляного городища. Именно за счет этих трещин осуществляется прокраска верхней части горизонта Cg_2, сложенного разноокрашенными легкосуглинистыми-супесчаными слоями озерно-аллювиальных отложений Ладожской трансгрессии.

Разрез Любшанского городища более однороден по морфологическим свойствам и содержит лишь единичные включения чешуек и угольков. В нем можно выделить 3 толщи: современная почва, насыпь оборонительного вала и погребенная почва с хорошо сохранившимся профилем (AU-AC-C-D). Гумусовый горизонт современной почвы отличается большой мощностью, которая не характерна для естественных почв данной территории. Это свидетельствует об антропогенном воздействии, что согласуется с данными об истории данной местности (в XVIII – начале XX в. здесь располагалось имение князей Шаховских). Анализ морфологических свойств показал, что вал сложен различными по мощности чередующимися слоями материала погребенной почвы. Последняя четко фиксируется по мощному гомогенному гумусовому горизонту, перемешанному лишь в верхней части и слабоволнистой границей с нижележащим переходным горизонтом.

Разрез 1-СЛ характеризуется в целом аномально высоким содержанием $C_{орг}$ (около 10 % и выше) в культурном слое и резким снижением его значений под перегнойным горизонтом погребенной почвы до 0,7 %. В погребенной почве разреза 4-СЛ содержание $C_{орг}$ наибольшее в верхнем горизонте (12,2 %), что связано с близостью культурного слоя, а ниже также резко убывает с глубиной.

Содержание углерода в разрезе Любшанского городища, напротив, невелико и приближается к фоновым значениям. Оно колеблется в пределах от 0,2 до 2,8 %, причем максимальное содержание маркирует гумусовый горизонт погребенной почвы. Локальные максимумы приурочены к темным гумусированным слоям вала (2,2 %), а минимумы к нижним горизонтам погребенной почвы и светлоокрашенным слоям насыпи. Данные по распределению $C_{орг}$ подтверждают вывод о том, что оборонительный вал был насыпан из местного материала, причем так, что нижние горизонты почвы оказались сверху.

Удельная магнитная восприимчивость связана с содержанием в почве соединений железа и органического вещества. Гуминовые вещества в аэрируемой среде стимулируют новообразование сильномагнитных минералов (ферромагнетиков), поэтому магнитная восприимчивость гумусовых горизонтов автоморфных почв всегда выше, а гидроморфных, как правило, ниже таковой материнских пород [3]. Пониженная магнитная восприимчивость в гумусовом горизонте по сравнению с почвообразующей породой хорошо прослеживается в разрезе 1-СЛ. В погребенной почве Земляного городища (Разрез 4-СЛ) низкие значения параметра также свидетельствуют о гидроморфности почвы, однако небольшое увеличение показателя в верхних горизонтах позволяет предположить, что гумусовый горизонт формировался в полугидроморфных условиях (с чередующимся режимом увлажнения и иссушения). Магнитная восприимчивость в разрезе Любшанского городища довольно велика и указывает на то, что погребенная почва является автоморфной.

Реакция среды в 1-ом разрезе слабокислая и близкая к нейтральной, во 2-ом и 4-ом нейтральная и слабощелочная. Во всех профилях прослеживается постепенное уменьшение кислотности при приближении к почвообразующей породе, что характерно для почв, сформированных на карбонатных отложениях. В насыпи Любшанского городища наибольшее значение pH приурочено к слою, сложенному обломками горных пород, в том числе известняка. Те же значения характеризуют нижние горизонты погребенной почвы.

Палеоботаническая характеристика погребенных почв Земляного и Любшанского городища изучались научной группой под руководством М.В. Шитова[9]. В погребенной почве Земляного городища существенными особенностями палиноспектров являются резкое сокращение участия пыльцы древесных растений в основании ненарушенной погребенной почвы и присутствие пыльцы пшеницы в ее верхней части. Сокращение участия в палиноспектрах пыльцы древесных растений, скорее всего, связано с антропогенным разряжением лесов. В отмывках из подошвы культурного слоя, глинистых отложений ладожской трансгрессии в его основании и погребенной почвы удалось выделить зерна Cerealia и большое количество семян сорной растительности. Состав семян из погребенных почв и основания культурного слоя на земляном городище однозначно указывает на характер местообитаний – раскопками вскрыта территория рудеральной, мусорной окраины древней Ладоги.

В отмывках из турбированной и ненарушенной частей погребенной почвы Любшанского городища были обнаружены 28 диагностируемых зерен культурных злаков. Наряду с очень большим (до 22,1 %) участием пыльцы Cerealia в палиноспектрах аллохтонных почв это позволяет предполагать, что недалеко от Любшанского городища располагалось поле, где возделывались ячмень, пшеница и рожь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучаемые погребенные почвы археологических памятников нижнего Поволховья имеют высокую степень сохранности, что позволяет использовать их для характеристики средневековых ландшафтных условий. Можно выделить следующие особенности погребенных почв:

а) Земляное городище – глинистый гранулометрический состав, высокая степень гидроморфизма, проявляющаяся в сизой окраске, вивианитовом псевдомицелии, низкой магнитной восприимчивости гумусовых горизонтов. Погребенная почва сформировалась под влиянием высокого уровня воды в русле Волхова.

б) Любшанское городище – хорошо выраженный, ненарушенный, гомогенный гумусовый горизонт, высокая степень насыщенности основаниями, легко суглинистый гранулометрический состав, автоморфность.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в VIII–IX вв. на территории поселения древней Ладоги, примыкающей к берегу р. Волхов, развивались гидроморфные или полугидроморфные почвы, мало пригодные для земледелия. Территория Земляного городища, скорее всего, представляла в прошлом «мусорную окраину» древней Ладоги. Однако благоприятные свойства погребенной почвы Любшанского городища и присутствие в ней пыльцы и зерен культурных злаков свидетельствует о том, что Древняя Ладога имела древнюю, развитую сельскохозяйственную округу на высоком правом берегу.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алещукин Л.В., Рябинин Е.А., Шитов М.В.* Палеопочвы Любши – свидетельство ландшафтно-геохимических условий Нижнего Поволховья в раннем средневековье // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7. 2003. Вып. 2 (№15).
2. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970, 488 с.
3. *Дергачева М.И.* Археологическое почвоведение. Новосибирск:Изд-во СО РАН, 1997.
4. *Мачинский Д.А.* Почему и в каком смысле Ладогу следует считать первой столицей Руси // Ладога и Северная Евразия от Байкала до Ла-Манша / Под ред. Д. А. Мачинского. СПб., 2002.
5. *Рябинин Е.А., Дубашинский А.В.* Любшанское городище в нижнем Поволховье. Предварительное сообщение // Ладога и её соседи в эпоху средневековья / Под ред. Е.Н. носова, А.Н. Кирпичникова. СПб., 2002
6. *Химический анализ почв:* Учеб. Пособие/ Растворова О.Г., Андреев Д.П., Гагарина Э.И., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н. - СПб, Издательство С.-Петербургского университета. 1995. 264 с.
7. *Шитов М.В., Бискэ Ю.С., Плешивцева Э.С., Мараков А.Я.* Позднеголоценовые изменения уровня Волхова в районе Старой Ладоги // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7. 2005. Вып. 4.

8. *Шитов М.В., Бискэ Ю.С., Носов Е.Н., Плешивцева Э.С.* Природная среда и человек нижнего Поволховья на финальной стадии ладожской трансгрессии // Вестн. С.-Петерб. у-нта. Сер. 7. 2004. Вып. 3 (№ 23). С. 2–15.
9. *Шитов М.В., Константинова Т.А., Лоскутов И.Г., Плешивцева Э.С., Сумарева И.В., Чухина И.Г., Щеглова. О.А.* Городская среда, землепользование и сельское хозяйство в средневековой Ладоге и ее округе (по палинологическим и карпологическим данным). II: середина I тыс. от Р. Х.–середина IX в. Вестник СПбГУ. Сер. 7: 2007. Вып. 3
10. *Шитов М.В., Кильдюшевский И.В. Плешивцева Э.С., Щеглова О.А., Сумарева И.В.* Городская среда, землепользование и сельское хозяйство в средневековой Ладоге и ее округе (по палинологическим данным). I: конец IX–XVI вв. // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: 2007. Вып. 1.

Работа рекомендована д.с-х.н., профессором Б.Ф. Апариным.

УДК 631.4:502.4

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕТИ ООПТ: «БЕКАРЮКОВСКИЙ БОР»

М.И. Коротких

Белгородский государственный университет

Проведено обследование почвенного покрова Бекарюковского бора и определение классификационной принадлежности почв участка по традиционной и новой классификации почв России. Установлено наличие почв, относящихся к трем классам, выделенным В.В.Докучаевым. Пестрота почвенного покрова обусловлена значительной неоднородностью рельефа и разнообразием почвообразующих пород. Господствуют постлитогенные почвы трех типов: серые, темно-серые глееватые и карбо-петроземы типичные. На пойме р. Нежеголь представлена синлитогенная аллювиальная серо-гумусовая глееватая почва.

ВВЕДЕНИЕ

Белгородская область характеризуется ценным почвенным покровом: более 76 % территории области занято черноземами [2]. В области проводятся работы по организации новых участков сети особо охраняемых природных территорий и по паспортизации охраняемых участков. Одним из таких объектов является «Бекарюковский бор». Наибольшую сложность при составлении паспорта представляет описание почвенного покрова. В 2008 году в рамках выполнения договора с экологической инспекцией области нами было проведено обследование почвенного покрова участка.

В настоящее время в Российском почвоведении происходит переход от общепринятой классификации почв 1977 года [4] к новой классификации почв России опубликованной в 1997 и 2004 годах [5, 6]. В связи с этим появляется необходимость классифицировать почвы в соответствии с новыми требованиями.

Целью моего исследования являлось определение классификационной принадлежности почв участка по традиционной и новой классификации почв России. Объектом исследования является почвенный покров Бекарюковского бора, а предметом исследования: классификационная принадлежность почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Особо охраняемая природная территория «Бекарюковский бор» расположена на юге Белгородской области, в южной части Шебекинского района. Бор находится севернее с. Маломихайловка на правом берегу реки Нежеголь на южных склонах Среднерусской возвышенности. Площадь участка 326.4 га. Согласно физико-географическому районированию территории области [1], участок находится в подзоне типичной лесостепи в Осколо-Северскодонецком ПТК. Это наиболее сохранившееся местонахождение меловой сосны в

© М.И. Коротких, 2009

области. Растет она здесь на крутых меловых склонах на высоте 70–100 м над долиной реки Нежеголь, на голом или слегка покрытом травянистой растительностью мелу.

Своим названием Бекарюковский бор обязан помещику Бекарюкову, который жил в 19 веке в Волчанском уезде Харьковской губернии. В 1723 году вахмистр Евгений Михайлович Бекарюков скупил земли у разорившихся михайловцев и стал хозяином этого селения. С этого времени Малая Михайловка стала называться Бекарюковка. В настоящее время село вернуло первоначальное название – Малая Михайловка, а меловой бор и по сей день именуется Бекарюковским [7]. Историки считают, что на высоких холмах Бекарюковского бора разводили костры, предупреждая о грозящей опасности нападения татарских орд на русские села.

Сосна, свойственная мелам, была описана еще в середине прошлого века И.С Калиниченко, как особый эндемический вид – сосна меловая. Меловая сосна представляет собой эдафическую форму приспособившуюся к условиям существования на мелу. Возраст отдельных деревьев меловой сосны более 300 лет. Она отличается от обыкновенной более мелкими овальными шишечками, кудрявой кроной; годичные кольца у меловой сосны уже, чем у песчаной [8].

В ходе обследования нами было заложено 4 разреза, выделены генетические горизонты почв и проведено их описание.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Классификация почв северного полушария В.В. Докучаевым была опубликована в журнале почвоведения в 1900 году [3]. Он выделял три класса почв: нормальные (растительно-наземные или зональные), переходные, анормальные. В ходе работы нам удалось увидеть примеры каждого из этих классов. Это связано с наличием на участке фрагмента долины реки Нежеголь и выходами меловых пород на крутых склонах.

Рельеф Осколо-Северскодонецкого ПТК составляют возвышенные останцово-холмистые аккумулятивно-денудационные равнины. Морфоструктурный рельеф участка – возвышенная пластовая равнина (Среднерусская возвышенность). На рисунке показаны особенности рельефа Бекарюковского бора в изогипсах. Видна разнородность отдельных участков по виду изогипс, их разреженности и извилистости.

Минимальная высота – урез воды в р. Нежеголь на южной границе участка – составляет 112.7 м, максимальная высота – 210 м на северной границе участка, т.е. участок характеризуется резким расчленением, а перепад высот достигает 97.3 м. В направлении с севера на юг наблюдается смена типов местности: плакорный, склоновый, пойменный. В целом преобладает склоновый тип местности, так как участок находится на коренном берегу р. Нежеголь. Характерно наличие серии цирковидных многовершинных балок.

В таблице 1 показаны морфологические свойства изученных почв. В таблице 2 приведены результаты определения классификационной принадлежности почв Бекарюковского бора.

На пойме р. Нежеголь мы описали почву мощностью 131 см – аллювиальную луговую карбонатную среднесуглинистую на аллювиальных отложениях. Она относится к стволу синлитогенных почв, отделу аллювиальных почв, типу аллювиальных серогумусовых глееватых.

В средней части коренного склона долины р. Нежеголь обнаружена почва мощностью 20 см, которая является дерново-карбонатной типичной известняковой маломощной неполноразвитой сильносмытой среднесуглинистой на щебнистом элювии мела. По современной классификации она входит в ствол постлитогенных почв, отдел слаборазвитых почв, тип карбо-петроземов типичных.

На приплакорном склоне крутизной 7–10° найдена почва мощностью 88 см, которая по традиционной классификации является темно-серой лесной грунтово-глееватой среднемощной супесчаной на песке. По современной классификации она входит в ствол по-

стлитогенных почв, отдел текстурно-дифференцированных почв, тип темно-серых глееватых.

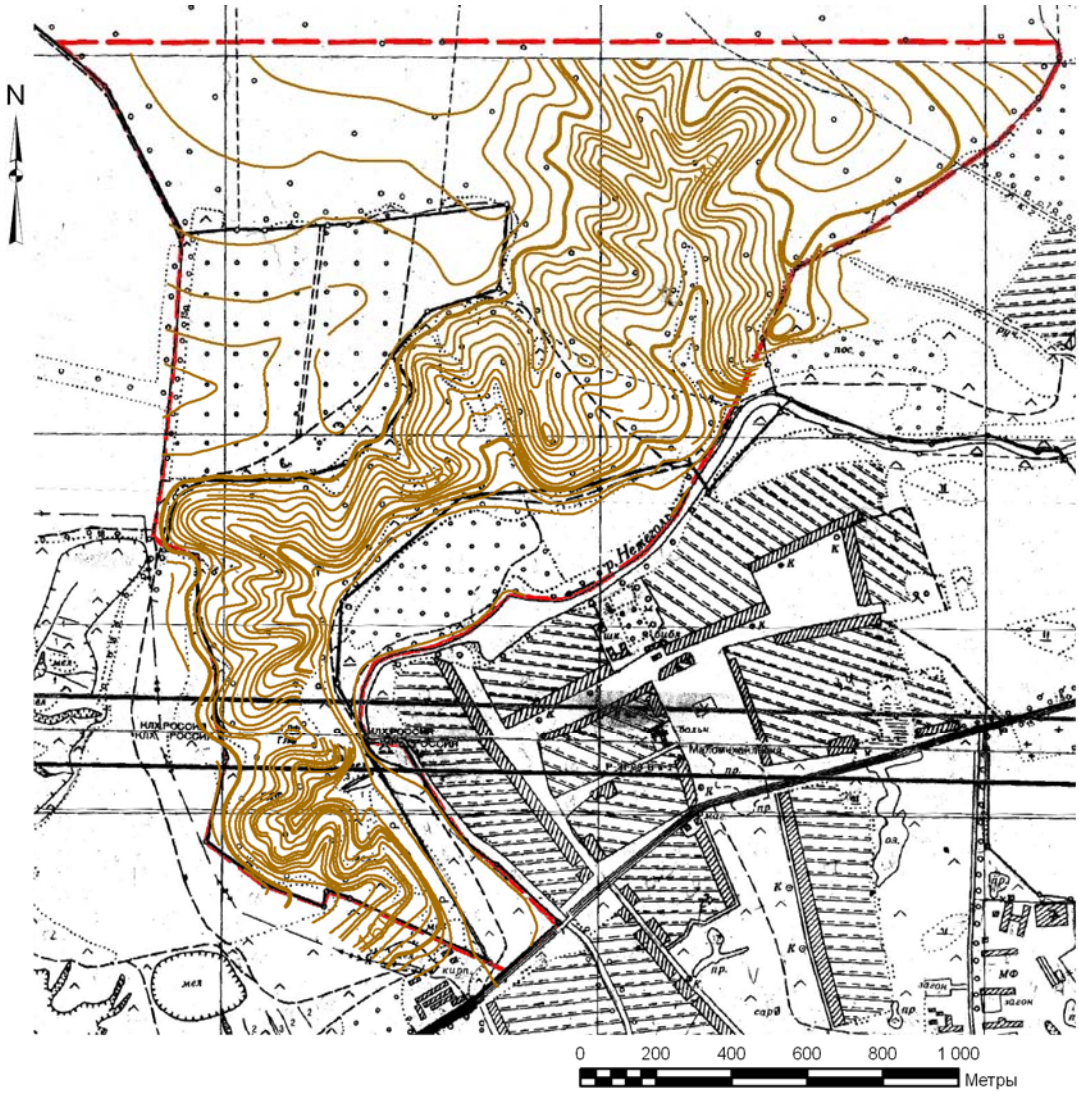


Рисунок. Картосхема рельефа Бекарюковского бора в изогипсах.

На приплакорном склоне крутизной 3° исследована почва мощностью 78 см, являющаяся светло-серой лесной высоковскипающей маломощной среднесуглинистой на лессовидном суглинке. По современной классификации она входит в ствол постлитогенных почв, отдел текстурно-дифференцированных почв, тип серых.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на территории бора выражена пестрота почвенного покрова, которая обусловлена значительной неоднородностью рельефа и разнообразием почвообразующих пород. Господствуют постлитогенные почвы трех типов: серые, темно-серые глееватые и карбо-петроземы типичные. На пойме р. Нежеголь представлена синлитогенная аллювиальная серо-гумусовая глееватая почва.

До сих пор информация о почвенном покрове в экологических службах области базируется на классификации 1977 года. Проведенные исследования вносят вклад во внедрение принципов новой классификации почв России на территории Белгородской области.

Таблица 1. Морфологические свойства почв Бекарюковского бора.

Показатели	Почвы			
	Аллювиальная луговая карбонатная (р. 1)	Дерново-карбонатная типичная (р. 2)	Темно-серая лесная (р. 3)	Светло-серая лесная (р. 4)
1. Ландшафтные условия	Пойма	Средняя часть коренного склона	Приплакорный склон	Приплакорный склон
2. Мощность гумусового горизонта	22 см	2 см	15 см	8 см
3. Мощность почвенного профиля	131 см	20 см	88 см	78 см
4. Глубина вскипания от HCl	По всему профилю	По всему профилю	Не вскипает	С 58 см
5. Новообразования	В – карбонатные; BC_{gk} – карбонатные и железистые; C_{gk} – железистые и карбонатные	–	C_g – железистые	A_1, A_2 – кремнеземистая присыпка; В – глинистые и гумусовые пленки; BC_k – дендриты, карбонаты; C_k – карбонаты
6. Включения	$A_д$ – биоморфы; A', A'', AB, B, BC_{gk}, C_{gk} – литоморфы	BC_k – биоморфы и очень многочисленные литоморфы	В – биоморфы: единичные остатки корней растений; BC, C_g – литоморфы	BC_k, C_k – биоморфы (единичные остатки корней)

Таблица 2. Классификационная принадлежность исследуемых почв.

№ разреза	Класс	Название почвы	
		по классификации 1977 г	по классификации 2004 г
1	Анормальная	Аллювиальная луговая карбонатная среднесуглинистая на аллювиальных отложениях	Ствол синлитогенные, отдел аллювиальные, тип аллювиальные серогумусовые глееватые
2	Переходная	Дерново-карбонатная типичная известняковая маломощная неполноразвитая сильносмытая среднесуглинистая на щебнистом элювии мела	Ствол постлитогенные отдел слаборазвитые, тип карбо-петроземы типичные
3	Нормальная	Темно-серая лесная грунтово-глееватая среднемощная супесчаная на песке	Ствол постлитогенные отдел текстурно-дифференцированные, тип темно-серые глееватые
4	Нормальная	Светло-серая лесная высоковскипающая маломощная среднесуглинистая на лессовидном суглинке	Ствол постлитогенные отдел текстурно-дифференцированные, тип серые

ЛИТЕРАТУРА
1. Атлас: природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области / Ред. коллегия: Ф.Н.Лисецкий, В.А.Пересадько, С.В.Лукин, А.Н.Петин. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2005. – С. 20–21.
2. Ахтырцев Б.П., Соловиченко В.Д. Почвенный покров Белгородской области: структура, районирование и рациональное использование. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. – 268 с.
3. Докучаев В.В. Классификация почв // Избранные сочинения в трех томах. Т. III. Картография, генезис и классификация почв. – М.: Гос. изд-во сельскохоз. литературы, 1949. – С. 375–380.
4. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 224 с.
5. Классификация и диагностика почв России / Л.Л.Шишов, В.Д.Тонконогов, И.И.Лебедева, М.И.Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
6. Классификация почв России / Составители: Л.Л.Шишов, В.Д.Тонконогов, И.И.Лебедева. – М.: Почвенный ин-т им. В.В.Докучаева РАСХН, 2000. – 235 с.
7. Хижняк А.А. Природные ресурсы Земли Белгородской: Очерки. – Воронеж: Центрально – Черноземное книжное изд-во,1975. – 128 с.
8. http://www.vokrugsveta.ru/.

Работа рекомендована к.б.н., доцентом Л.Л. Новых.

УДК 631.4

ГЛЕЕВЫЕ И ГЛЕЕВАТЫЕ ПОЧВЫ АВТОНОМНЫХ ПОЗИЦИЙ СЕЛЬГОВОГО ЛАНДШАФТА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ

Е.А. Крохина

Санкт-Петербургский государственный университет

По литературным данным в условиях сельгового ландшафта на вершинах и склонах сельг формируются автоморфные почвы. Однако на исследуемой территории глеевые и глееватые почвы занимают достаточно обширные площади. Ранее глеевые и глееватые почвы, формирующиеся в автономных позициях сельгового ландшафта, не выделялись и не изучались. Целью работы является изучение факторов почвообразования в условиях сельгового рельефа и выявление причины формирования глеевых и глееватых почв в автономных позициях сельгового ландшафта северо-западного Приладожья.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования проводились в районе Приладожской учебно-научной станции (ПУНС) СПбГУ, которая находится на северо-востоке Карельского перешейка, вблизи поселка Кузнечное Ленинградской области, в 150 км к северу от Санкт-Петербурга.

Почвенный покров на этой территории формируется в условиях сельгового ландшафта, который представляет собой совокупность вытянутых гряд (сельг) и узких межсельговых понижений. Сельги образовались в результате ледниковой экзарации и ориентированы в направлении движения масс льда – с северо-северо-запада на юго-юго-восток. Южные, юго-восточные и юго-западные склоны сельг пологие, северные, северо-западные и северо-восточные – крутые. Сельги в районе ПУНС имеют плоские вершины, на которых часто встречаются крупные валуны диаметром 20–30 м. На крутых склонах сельг наблюдаются частые выходы пород, а в нижних частях склонов – сильная завалуненность. Межсельговые понижения часто либо заболочены, либо заняты озерами или узкими протоками (Чочиа, 1969).

Почвообразующими породами в верхних частях склонов являются элювий и элюво-делювий гранита. Склоны покрыты щебнисто-глыбистым делювием и мореной. В работе Чочиа (1969) отмечалось, что в послеледниковый период уровень Ладожского озера неоднократно поднимался, в результате чего происходило отложение тонкого озерного мате-

© Е.А. Крохина, 2009

риала в теле морены и делювия гранита, и их мелкозем приобрел легко- и среднесуглинистый гранулометрический состав.

Карельский перешеек расположен между двумя крупными водоемами – Ладожским озером и Финским заливом, а также изобилует внутренними озерами, поэтому климат этой территории приобретает черты полуморского. Это выражается в сравнительно мягкой зиме, более прохладном лете и высокой влажности воздуха. В районе ПУНС эти особенности проявляются особенно ярко.

По литературным данным (Рожнова, 1963; Касаткина, 1992) в условиях сельгового ландшафта на вершинах и склонах сельг формируются автоморфные почвы.

Характерными почвами, развивающимися на выходах массивно-кристаллических пород, являются почвы с бурым слабодифференцированным профилем. Они формируются на сильно щебнистых, завалуненных породах, в условиях провального типа водного режима. Протекание глеевого процесса в таких условиях маловероятно (Таргульян, 1971). Однако на исследуемой территории глеевые и глееватые почвы занимают достаточно обширные площади. Ранее глеевые и глееватые почвы, формирующиеся в автономных позициях в условиях сельгового ландшафта, не выделялись и не изучались.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения почвенного покрова территории были составлены топографическая и почвенная карты сельги, расположенной на территории ПУНС (М 1:500). На основе их анализа выявлено, что в автоморфных условиях помимо автоморфных почв формируются глееватые и глеевые почвы, площадь которых на вершине составляет не менее 20–30 %, а на склонах – не менее 50 % площади.

Почвенный покров вершин, а также верхних частей склонов сельг формируют подбуры, причем не менее 20 % площади занимают подбуры глеевые. В средних и нижних частях склонов развиты буроземы и ржавоземы. Основную площадь занимают именно глеевые и глееватые буроземы и ржавоземы. Ржавоземы приурочены к нижним частям наиболее крутых восточных склонов, где велика мощность щебнистого делювия. Буроземы приурочены к более покатым склонам.

В качестве объектов исследования был выбран ряд почв, сформированных на вершинах и склонах сельг, относящихся к трем разным отделам и их глеевые и глееватые разности.

Подбур контактно гумусовый, подбур глееватый и подбур глеевый сформированы на вершине сельги. Подбур глеевый сформирован в небольшом понижении между двумя крупными валунами. Подбур глеевый, дерново-подбур и бурозем типичный сформированы в средней части склона, но бурозем типичный на покатом склоне, подбур глеевый на плоской террасе, а дерново-подбур глееватый на террасе, имеющей некоторый уклон.

Ржавозем глеевый сформирован в нижней части крутого склона (восточной экспозиции), бурозем глеевый сформирован в нижней части более пологого склона.

Были проведены исследования физико-химических свойств данных почв, группового и фракционного состава органического вещества, гранулометрического состава, а также микроморфологические исследования, исследования минералогического состава илистой фракции почв и содержание аморфных форм железа.

Анализ физико-химических свойств показал:

Все почвы кислые. Но буроземы менее кислые, чем подбуры. Как в буроземах, так в подбурах pH увеличивается, а гидролитическая кислотность понижается с глубиной.

Профили буроземов более насыщены основаниями, чем подбуров. Содержание обменных оснований имеют аккумулятивное распределение во всех почвах – наиболее оно высоко в верхних горизонтах и снижается с глубиной.

Однако в глеевых почвах, формирующихся на склонах, наблюдается увеличение обменных оснований в нижних горизонтах.

Групповой и фракционный состав органического вещества показывает, что во всех почвах преобладают фульвокислоты над гуминовыми, однако в буроземах это преобладание выражено менее ярко. Преобладающими фракциями являются I и Ia фульвокислот, а также фракция I гуминовых кислот. Но в буроземах содержание II фракции выше, чем в подбурах.

Все это связано с характером растительности – в напочвенном покрове буроземов содержится большее количество травянистой растительности, а также в составе древостоя присутствуют лиственные породы. Следовательно, в опаде содержится больше оснований. Содержание оснований в почвообразующей породе также выше.

Групповой и фракционный состав органического вещества глеевых почв сходен с типичными, но общее содержание органического вещества в них выше.

В содержании аморфного железа наблюдается четкая зависимость – увеличение вниз по склону. Наименьшее содержание железа наблюдается в подбурах на вершине сельг, наибольшее – в буроземах в нижней части склона. Это связано с тем, что бурозем занимает аккумулятивные позиции и происходит привнос железа склоновыми водами. В глеевых почвах наблюдается увеличение содержания аморфного железа в нижней части почвенного профиля.

Анализ гранулометрического состава мелкозема показал, что содержание и распределение тонких частиц различно в профилях этих почв.

В формировании всех почв склонов озерные отложения принимают участие, но это проявляется в разной степени.

Почвы нижних частей склонов (бурозем глеевый) в полной мере испытывают влияние озерных отложений – подстилающая тяжелая порода появляется уже в срединном горизонте.

В подбуре глеевом, сформированном на террасе в средней части склона и в ржавоземе примесь озерных отложений наблюдается в нижней части профиля.

В почвах вершин сельг (подбур глееватый, подбур глеевый, подбур контактно-гумусовый) не наблюдается увеличения содержания физической глины в нижних горизонтах. На этой территории не происходило отложение озерного материала. Наблюдается увеличение пылеватых и мелкопесчаных частиц, что связано с процессом партлювации.

Таблица 1. Гранулометрический состав, изучаемых почв.

Подбур глеевый				Ржавозем глеевый				Бурозем глеевый			
горизонты	<0.001	<0.01	% мелкозема от массы почвы	горизонты	<0.001	<0.01	% мелкозема от массы почвы	горизонты	<0.001	<0.01	% мелкозема от массы почвы
BHF	14.29	22.16	46.4	AY	10.9	17.6	50.1	AYao	15.64	20.65	78.5
BH	14.42	19.69	65.6	BFM	11.9	15.4	34.9	BM	7.21	10.02	87.0
BHFfn	9.58	15.13	60.8	BCg	13.3	21.4	75.8	BMg	28.86	47.69	86.1
BFgfn	9.48	15.64	58.3	CG	13.2	33.8	32.4	BCg	28.13	55.85	90.8
BCgfn	9.01	18.29	53.5					CG	40.82	57.27	99.5
CG	6.20	15.50	61.2						15.64	20.65	78.5

Микроморфологический анализ показал, что в буроземах и подбурах в срединных горизонтах пленочный материал имеет различное происхождение.

В буроземе наблюдается наличие автохтонных пленок на поверхности минеральных зерен – наблюдается отсутствие четкой границы между ней и поверхностью минерала, поверхность минерала корродированна (рис. 1), в отличие от подбура, в котором пленки натечные, граница между пленкой и минералом четкая, минерал под пленкой невыветренный (рис. 2).

В буроземе по всему профилю кристаллы биотита практически полностью представлены мелкими игольчатыми формами.

В подбурах накопление таких форм биотита наблюдается в верхнем горизонте, где наиболее выражен процесс внутрипочвенного выветривания (на это также указывает наличие корродированных минеральных зерен) и в горизонте BCg, где в результате партлювации скапливаются продукты выветривания, вынесенные из вышележащих горизонтов.

Плазма в буроземе железисто-глинистая, она равномерно ожелезнена, железистое вещество в горизонте BM местное (образовавшееся in-situ), а не привнесенное.

В подбуре плазма гумусово-железистая и представлена в виде сгустков (нодулей), хлопьев, свидетельствующих о протекании альфегумусового процесса.

Таким образом, можно сделать вывод, что бурозем формируется в основном за счет процесса метаморфизации, а в подбуре доминирует альфегумусовый процесс.

В буроземах и подбурах глеевых кроме этого проявляется также глеевый процесс.

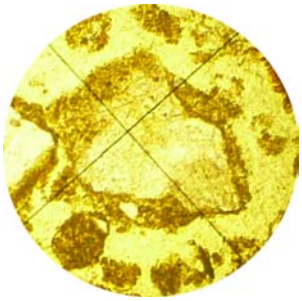


Рис.1. Пленка из горизонта BM бурозема. Параллельные николи.

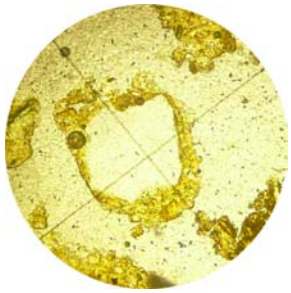


Рис.2. Пленка из горизонта BHF gjl,ehf. Параллельные николи.

Рис.3. Горизонт CG бурозема глеевого. Скрещенные николи.

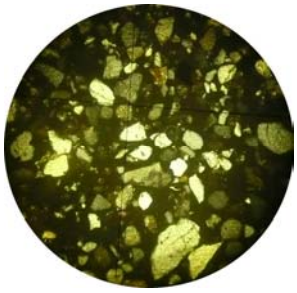


Рис.4. Горизонт CG подбура глеевого. Скрещенные николи.

Также микроморфологический анализ показал, что в горизонте G бурозема глеевого глинистая плазма, с признаками слоистости следовательно он сложен глинистым материалом вероятнее всего озерного происхождения, с выраженной слоистостью (рис. 3).

Глеевый горизонт подбура представлен элювием гранита, наблюдается лишь скопление мелких песчаных частиц. О том, что это происходит в результате процесса партлювации свидетельствует некоторое увеличение пылеватых частиц и железисто-мелкоземистые пленки в вышележащем горизонте BCg. Тяжелый глинистый материал здесь отсутствует, в отличие от глеевого бурозема. Глеевый горизонт имеет песчаное микростроение (рис. 4).

Минералогический состав илистой фракции показал, что во всех почвах в илистой фракции содержится значительное количество первичных минералов, однако в буроземе и ржавоземе их содержание по профилю распределяется равномерно, а в подбуре они накапливаются в нижележащих горизонтах.

В профилях бурозема и ржавозема в илистой фракции обнаружено также значительное количество глинистых минералов, представленных вермикулитом, хлоритом, и гидрослюдами.

Судя по наиболее высокому содержанию хлорита в горизонте BM и отсутствию вермикулита, что связано, вероятно, со стадийным преобразованием хлорита в вермикулит, в этом горизонте процессы внутрипочвенного выветривания идут наиболее интенсивно.

В горизонте CG влияние сильно увеличивается как количество глинистых минералов в целом, так и доля вермикулита по сравнению с хлоритом.

Состав илистой фракции ржавозема в целом схож с буроземом, это свидетельствует о том, что почвообразующие породы, на которых сформировались бурозем и ржавозем схожи. Однако степень влияния этих пород в ржавоземе несколько ниже.

В подбуре фактически отсутствуют вторичные глинистые минералы в илистой фракции. Преобразование первичных идет до стадии аморфного вещества, а также идет дробление первичных минералов до размера глинистых частиц и вынос их в нижележащие горизонты.

Таким образом микроморфологические и минералогические исследования коррелируют между собой и говорят о том, что глеевые буроземы и подбуры сформировались на различных почвообразующих породах, породы отличаются по генезису и по минеральному составу илистой фракции

В подбурах происходит в основном физическое выветривание – дробление первичных минералов до размеров глинистых частиц. Новообразование глинистых минералов практически отсуствует и конечным продуктом выветривания являются аморфные соединения. В буроземах и ржавоземах идут стадийные преобразования глинистых минералов.

ВЫВОДЫ

1. В данных условиях наблюдается очень сложный, контрастный почвенный покров.

2. В почвах вершин сельг доминирует альфегумусовый процесс. В почвах склонов – процесс метаморфизации. Таким образом, почвы, встречающиеся на данной территории могут быть отнесены к трем различным отделам: альфегумусовому (подбуры), структурно-метаморфическому (буроземы), и железисто-метаморфическому (ржавоземы).

3. Своеобразие почвенного покрова территории характеризуется наличием в автоморфных позициях значительной доли глеевых и глееватых почв.

4. Формирование глеевых горизонтов обусловлено особенностями рельефа – выположенностью вершин, формой, крутизной и экспозицией склонов, своеобразием почвообразующих пород и близким залеганием водоупорных горизонтов.

5. В формировании глеевого горизонта в подбурах на вершинах сельг основную роль играют выположенность вершины, процесс партлювации и наличие плоской плиты, подстилающей почвы. На широких террасах подбуры глеевые сформированы теми же процессами, что и подбуры вершин, но здесь в нижних горизонтах примесь озерных отложений отражается на увеличении мощности глеевого горизонта. Ржавоземы глееватые и глеевые в основном представлены на крутых склонах восточной экспозиции. Они формируются на крупновалунных моренных или делювиальных отложениях, в мелкоземистой части которых значительная примесь озерного материала, что обусловливает возможность застаивания атмосферных осадков. Буроземы глеевые формируются на пологих склонах, на двучленных отложениях (делювий, подстилаемый озерными отложениями), где водоупором являются озерные отложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Касаткина Г.А.* Почвы Карельского перешейка. Канд. диссертация. 1992
2. *Рожнова Т.А.* Почвенный покров Карельского перешейка. – М. – Л., 1963.
3. *Таргульян В.О.* Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. – М.: «Наука», 1971.
4. *Чочия Л.С.* Летняя полевая практика по ландшафтоведению. Изд-во ЛГУ, 1969.

Работа рекомендована к.б.н., доцентом Касаткиной Галиной Алексеевной.

УДК 631.43

ПОЧВЕННО-ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ ТЕРРИТОРИЙ

И.Ю. Крылова

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Математические модели гидрологических характеристик почв, построенные в рамках физических представлений, являются эффективным инструментом изучения водного режима почвогрунтов, обеспечивают достоверные расчеты динамики почвенной влаги и используются как интеллектуальное ядро в системах информационной поддержки инженерно-мелиоративных решений. Проведенное исследование представляет собой сравнительный анализ некоторых направлений моделирования водоудерживающей способности и влагопроводности почвы.

ВВЕДЕНИЕ

Важным подготовительным этапом любого строительства являются предпроектные изыскания. Они в значительной мере определяют не только достоверность расчетов, но и качество выполнения самих строительных работ. Пространственная неоднородность свойств почвогрунтов делает проведение анализов образцов весьма трудоемким. Это приводит к необходимости поиска путей получения информации о свойствах почвогрунтов при наличии минимальных исходных данных, изучения водного режима почвогрунтов и движения в них влаги. Таким образом, к почвенно-гидрологическому обеспечению мероприятий по инженерной подготовке территорий относятся: 1) данные о динамике влаги в почвогрунте (в том числе, об изменчивости влагозапаса в профиле почвы, уровне грунтовых вод, количестве атмосферных осадков и физическом испарении с поверхности почвы); 2) показатели гидрофизических свойств почвогрунта (водоудерживающая способность и гидравлическая проводимость почвы, почвенно-гидрологические константы, в том числе – коэффициент фильтрации, полная влагоемкость, наименьшая влагоемкость, влажность завядания, максимальная гигроскопичность почвы); 3) данные о растительном покрове (реальная транспирация).

ЗАДАЧА И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задачей исследования является разработка и апробация метода оценки почвенно-гидрологических констант как основы моделирования водоудерживающей способности и гидравлической проводимости почвы. Объектом проводимого исследования является влага почвогрунта (далее вместо понятия «почвогрунт» будем использовать понятие «почва», понимая, что понятие «почвогрунт» включает в себя собственно почву и горизонты почвообразующей и подстилающей пород). Для описания динамики влаги в почве применяется уравнение Ричардса: $\mu(\psi)\frac{\partial\psi}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left[k(\psi)\left(\frac{\partial\psi}{\partial z}-1\right)\right]-I_w$, где z – пространственная вертикальная координата, см; t – время, сут.; ψ – апиллярно-сорбционный потенциал почвенной влаги, см вод.ст., $\psi\le 0$; $\mu(\psi)=d\theta/d\psi$ – ифференциальная влагоемкость почвы, 1/см вод.ст.; θ – объемная влажность почвы, см^3/см^3; $k(\psi)$ – коэффициент влагопроводности почвы, см/сут.; I_w – функция стока, описывающая корневое поглощение воды (1/сут.). Данное уравнение в частных производных параболического типа широко используется во всем мире для построения математических моделей переноса воды и растворенных веществ по профилю почвы. Поиск решения предполагает выявление функциональной зависимости между дифференциальной влагоемкостью и коэффициентом влагопроводности почвы, с одной стороны, и потенциалом, с другой. Для этого необходимо исследовать водоудерживающую способность и гидравлическую проводимость почвы.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (грант № 09-05-00415-а).

© И.Ю. Крылова, 2009

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Для расчета дифференциальной влагоемкости почвы (как коэффициента уравнения Ричардса) используется функция, описывающая зависимость между влажностью почвы и потенциалом почвенной влаги. Такую зависимость обычно получают путем интерполяции точечных экспериментальных данных выбранной непрерывной кривой по критерию минимизации невязки между расчетными значениями и соответствующими экспериментальными данными. При выборе функции необходимо выполнить два требования. Во-первых, функция должна иметь непрерывную производную. Во-вторых, такая производная должна иметь вид куполообразной кривой. Это обусловлено тем, что уравнение Ричардса содержит два коэффициента, зависящих от решения. Для интегрирования данного уравнения требуется подстановка в него этих коэффициентов в виде непрерывных функциональных зависимостей. Один представляет собой функцию дифференциальной влагоемкости почвы, которая, в свою очередь, является производной функции, описывающей зависимость между влажностью почвы и потенциалом почвенной влаги. Пренебрежение вторым требованием приводит к существенному дисбалансу массы вещества в расчетах динамики почвы на основе уравнения Ричардса. В настоящее время лидирующее положение в семействе кривых, используемых для интерполяции данных о водоудерживающей способности почвы, занимает кривая Ван Генухтена (Van Genuchten, 1980). Эта модель основной гидрофизической характеристики имеет вид:

$$\theta = \theta_R + \frac{\theta_S - \theta_R}{\left(1 + \left(\alpha|\psi|\right)^{\eta}\right)^{m}}, \quad m = 1 - \frac{1}{\eta},$$

где θ_S и θ_R – значения объемной влажности почвы: максимальная (близкая к пористости) и минимальная (близкая к влажности, соответствующей максимальной гигроскопичности почвы); α и η – эмпирические параметры. Наиболее популярным и достаточно эффективным подходом к решению проблемы идентификации параметров моделей водоудерживающей способности почвы без использования дорогостоящих экспериментальных данных о зависимости между влажностью почвы и потенциалом влаги, является использование педотрансферной функции – PTF (Bouma, 1989). Данная функция в большинстве источников представляет собой множественную линейную регрессию, которая позволяет конвертировать доступные данные о физических и химических характеристиках почвы в другие (менее доступные) данные. В качестве факториальных признаков PTF широко используются текстура и плотность сложения почвы, а также – содержание органического вещества в почве:

$$\text{PTF 1:} \quad \theta_i = \beta_{i1} sand + \beta_{i2} silt + \beta_{i3} clay + \beta_{i4} bulk + \beta_{i5} org \quad \forall \psi_i;$$

$$\text{PTF 2:} \begin{cases} \theta_R = \gamma_{11} sand + \gamma_{12} silt + \gamma_{13} clay + \gamma_{14} bulk + \gamma_{15} org; \\ \theta_S = \gamma_{21} sand + \gamma_{22} silt + \gamma_{23} clay + \gamma_{24} bulk + \gamma_{25} org; \\ \alpha = \gamma_{31} sand + \gamma_{32} silt + \gamma_{33} clay + \gamma_{34} bulk + \gamma_{35} org; \\ n = \gamma_{41} sand + \gamma_{42} silt + \gamma_{43} clay + \gamma_{44} bulk + \gamma_{45} org; \end{cases}$$

где: *sand* – содержание фракции песка (%); *silt* – содержание фракции пыли (%); *clay* – содержание фракции глины (%); *org* – содержание в почве органического вещества (%) по классификации USDA; *bulk* – плотность сложения почвы (g/см^3); i=1,2,…,N (N – количество значений потенциала влаги).

Использование таких PTF для почв России вполне возможно, т.к. два факториальных признака (плотность сложения почвы и содержание органического вещества) являются показателями, измеряемыми в России по стандартным методикам. Разработанный нами метод опирается на построение кумулятивной кривой распределения почвенных частиц по размерам на основе данных о фракциях гранулометрического состава по классификации Качинского с последующим расчетом фракций *sand*, *silt*, *clay* (USDA). Однако, на практике данные о содержании фракций почвенных частиц по классификации Качинского не-

редко отсутствуют, а имеются лишь сведения о наименовании текстурных разновидностей почв. Естественной альтернативой данным о текстуре, являются т.н. почвенно-гидрологические константы (пороговые значения влагоемкости почвы, разграничивающие категории почвенной влаги). Далее будут рассмотрены: метод оценки почвенно-гидрологических констант и их дальнейшее использование в расчетах параметров моделей водоудерживающей способности и гидравлической проводимости почвы.

Два из четырех параметров трансформированной модели Ван Генухтена (при $m = 1$) могут быть непосредственно определены с использованием почвенно-гидрологических констант: θ_S – по величине полной влагоемкости (ПВ), и θ_R – по максимальной гигроскопичности почвы (МГ). Для определения остальных параметров модели используются: наименьшая влагоемкость (НВ) и влажность устойчивого завядания (ВЗ). Расчет оставшихся двух параметров модели осуществляется следующим образом:

$$\begin{cases} n = \ln\left(\dfrac{(\text{ПВ}-\text{НВ})(\text{ВЗ}-\text{МГ})}{(\text{НВ}-\text{МГ})(\text{ПВ}-\text{ВЗ})}\right)\ln^{-1}\left(\dfrac{330}{15000}\right); \\ \alpha = (330)^{-1}\left((\text{ПВ}-\text{НВ})/(\text{НВ}-\text{МГ})\right)^{\frac{1}{n}}, \end{cases}$$

здесь числа 330 и 15000 являются усредненными абсолютными значениям потенциала почвенной влаги, соответствующими НВ почвы и ВЗ.

В отсутствие исчерпывающей информации о необходимых почвенно-гидрологических константах, предлагается их оценить с помощью метода, который основан, во-первых, на использовании данных о более доступных физических характеристик почвы, и, во-вторых, на некоторых теоретических представлениях об особенностях кривой водоудерживающей способности почвы. Для оценки ВЗ или МГ предлагается использовать эмпирическую формулу: $\text{ВЗ} = (1.15 + 0.002(N_{\text{ГК}} - 1)^{3.28})\,\text{МГ}$, где N – номер гранулометрического класса почвы (ГК) по Качинскому (Терлеев, 2005). В отсутствие информации о полной влагоемкости эта величина оценивается с помощью следующего соотношения (Воронин, 1986): $\text{ПВ} = 1 - \rho/\rho_{\text{тф}}$, где ρ_d – плотность сложения почвы; ρ – плотность твердой фазы почвы (ср.знач. для минералов = 2.65 г/см^3). В отсутствие данных о НВ предполагается использовать максимальную капиллярно-сорбционную влагоемкость (МКСВ), которая является энергетической почвенной константой. А.Д. Ворониным (1986) была выявлена зависимость между МКСВ и потенциалом почвенной влаги: $\lg(|\psi_{\text{МКСВ}}|) = 1.17 + \text{МКСВ}\ /\rho - \lg(0.098)$. Величина МКСВ обычно является менее доступной, чем НВ, т.к. НВ относится к группе почвенных показателей, измеряемых по стандартным методикам. Вместе с тем, в литературе имеются указания на то, что значения этих двух величин равны. Например, это отмечает Е.В. Шеин (2005) в учебнике «Курс физики почв». В отсутствие данных о НВ и МКСВ предлагается воспользоваться предположением о том, что «секущая» Воронина, относящаяся к МКСВ, пересекает кривую водоудерживающей способности почвы в точке, где дифференциальная влагоемкость этой почвы достигает экстремума (Терлеев, 2005). В отсутствие данных о МГ и ВЗ для идентификации модели водоудерживающей способности почвы предлагается использовать почвенно-гидрологическую константу ВРК (влажность разрыва капилляров) и дополнительное условие, что функция дифференциальной влагоемкости почвы пересекает прямую $\lg(-\psi_{\text{ВРК}}) = 3.35 + 9.88\text{ВРК}$ (Терлеев, 2005) в точке, где производная этой функции достигает экстремума. Для оценки МГ предлагается соотношение, полученное В.В. Терлеевым (2005) при исследовании почвы как капиллярно-пористого тела на основе представлений о явлении капиллярности в пространстве почвенных пор и использовании логнормального закона их распределения по размерам: $\text{МГ} = \left(\text{ВРК}\sqrt{2\pi e} - \text{ПВ}\right)/\left(\sqrt{2\pi e} - 1\right)$. Предлагаемый метод оценки почвенно-гидрологических констант и их применение для идентификации параметров трансформированной модели Ван Генухтена (при m =1) представляют модифицированную педотрансферную функцию второго типа.

В Агрофизическом институте Россельхозакадемии (г. Санкт-Петербург) создана компьютерная система «Агрогидрология» для расчета почвенно-гидрологических констант, а также параметров моделей водоудерживающей способности и гидравлической проводимости почвы. Имеется четыре варианта расчета, отличающихся наличием исходных данных. С использованием системы «Агрогидрология» были проведены следующие расчеты: по варианту 2 (известны данные о плотности сложения и пористости почвы, а также о ВЗ и разновидности почвы по грансоставу) вычислена НВ, и проведено сравнение с экспериментальными данными; по варианту 2’ (без экспериментальной ПВ, но с использованием грансостава, плотности сложения почвы и плотности твердой фазы почвы 2.65 г/см^3) вычислены НВ и ПВ, и проведено их сравнение с экспериментальными данными; получена оценка ВЗ по варианту 2 и выполнено сравнение с экспериментальными данными; получена оценка ВЗ и ПВ по варианту 2’ и проведено их сравнение с экспериментальными данными; получены оценки НВ и ВЗ по плотности сложения почвы и величине ПВ (вариант 4), выполнено сравнение с экспериментальными данными; получены оценки ПВ, НВ и ВЗ по плотности сложения и плотности твердой фазы почвы (вариант 4’), и проведено сравнение с экспериментальными данными. Результаты проведенного расчета почвенно-гидрологических констант с использованием компьютерной системы «Агрогидрология» и их сравнение с экспериментальными данными для почв различной текстуры Федеральной Земли Бранденбург (ФРГ) приведены в таблице, а графическое представление – на рисунке:

Таблица. Сравнение результатов расчета почвенно-гидрологических констант с опытными данными.

№	Почва	Разновидность почвы	ПВ эксп.	ПВ расч.	НВ эксп.	НВ расч. (есть ВЗ есть ПВ)	НВ расч. (есть ВЗ нет ПВ)	НВ расч. (есть ПВ нет ВЗ)	НВ расч. (нет ВЗ, нет ПВ)	ВЗ эксп.	ВЗ расч. (есть НВ есть ПВ)	ВЗ расч. (есть НВ нет ПВ)
1	Seelow_1Ap	Глина тяжелая	0.51	0.51	0.43	0.44	0.43	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32
2	Seelow_2Bg1	Глина тяжелая	0.54	0.55	0.51	0.48	0.49	0.33	0.34	0.38	0.45	0.44
3	Seelow_3Bg2	Глина тяжелая	0.54	0.56	0.53	0.48	0.49	0.34	0.34	0.36	0.51	0.47
4	Seelow_4BgCr	Глина тяжелая	0.54	0.59	0.54	0.5	0.53	0.33	0.36	0.41	0.54	0.44
5	Eichenhof1_4Bt	Суглинок тяжелый	0.41	0.48	0.31	0.31	0.35	0.26	0.30	0.19	0.19	0.12
6	Bolkendorf9_1Ap	Суглинок легкий	0.38	0.44	0.27	0.29	0.33	0.24	0.28	0.18	0.14	0.08
7	Bolkendorf9_2Bt	Суглинок легкий	0.36	0.33	0.25	0.27	0.25	0.24	0.22	0.14	0.12	0.15
8	Bolkendorf9_3Bt	Суглинок легкий	0.36	0.33	0.25	0.28	0.26	0.24	0.22	0.17	0.12	0.15
9	Bolkendorf6_2Bw	Песок связный	0.35	0.38	0.17	0.23	0.24	0.23	0.25	0.08	0.02	0.02
Коэффициент корреляции			0.921		0.994	0.981	0.985	0.908		0.979	0.965	0.921

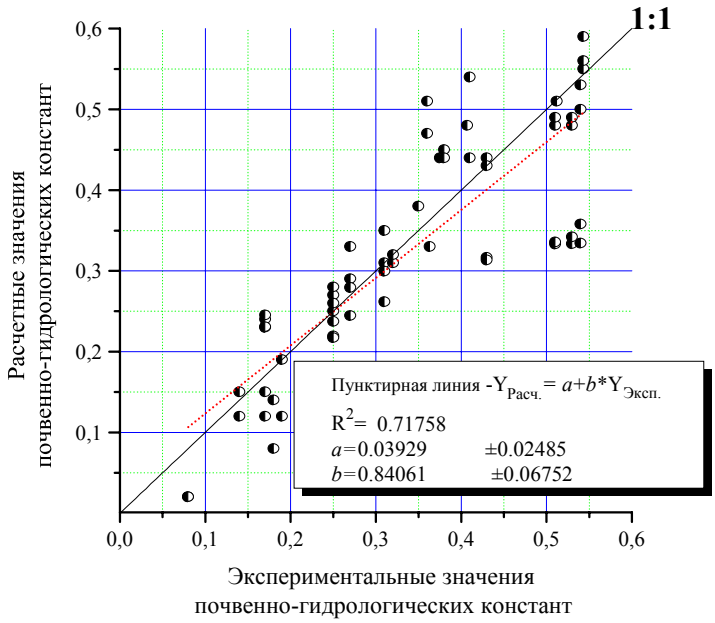


Рисунок. Корреляция между расчетными и опытными почвенно-гидрологическими константами.

ВЫВОДЫ

Получение данных о гидрофизических свойствах почвогрунтов является важной проблемой почвенно-гидрологического обеспечения предпроектных изысканий в ландшафтном строительстве, а также обоснования агротехнологических и мелиоративных решений в практике земледелия. При этом особое значение имеют задачи информационной поддержки в условиях отсутствия ряда гидрофизических параметров почвы. Результатом проведенного исследования является разработка метода оценки почвенно-гидрологических констант при различных сочетаниях исходных данных, не образующих полного набора необходимой информации для моделирования гидрофизических характеристик почв. Апробация представленной разработки, осуществленная на достоверных и независимых данных, свидетельствует об эффективности метода и позволяет его рекомендовать к практическому использованию.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воронин А.Д.* Основы физики почв. - М.: Изд-во МГУ, 1986. - 244 с.
2. *Терлеев В.В.* Математическое моделирование в почвенно-гидрологических и агрогидрологических исследованиях. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2005. – 104 с.
3. *Шеин Е.В.* Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
4. *Bouma J.* Using soil survey data for quantitative land evaluation // *Advances in Soil Science.* - 1989. - Vol. 9. - P. 177–213.
5. *Van Genuchten M.Th.* A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil Sci. Soc. Am. J. - 1980. - Vol. 44.- P. 892–898.

Работа рекомендована д.с.-х.н., профессором В.В. Терлеевым.

УДК 631.4

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АГРОЗЕМОВ В РАЙОНЕ УЧЕБНО-НАУЧНОЙ СТАНЦИИ «СВИРСКАЯ»

А.В. Кузнецов[1], М.В. Богомазова[2], А.С. Балашова[3], Е.М. Семенова[3], М.В. Полтавцева[3], И.С. Нецепляева[4]

Санкт Петербургский Государственный университет, Биолого-Почвенный ф-т, Россия, 199034, Санкт Петербург, Университетская набережная 7/9, + 7 (812) 328-05-41

[1]каф. Генетики и Селекции, [2]каф. Гидробиологии, [3]каф. Геоботаники и Экологии растений, [4]каф. Зоологии позвоночных

ВВЕДЕНИЕ

Материалом для исследования послужили данные комплексных многолетних наблюдений в районе УНБ «Свирская» СПбГУ, расположенной около д. Заостровье Лодейнопольского района Ленинградской области. Учебный экологический мониторинг данной территории проводился в течение восьми лет и включал наблюдения за свойствами почв, агрохимическими показателями, ежегодные геоботанические описания, описания бентоса, планктона и ихтиофауны водотоков, а также зоо и орнитофауны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования явились почвы сельхозугодий ЗАО «Лотос-Агро». Для сравнения исследовались и естественные лесные почвы в районе расположения пикетов трансекты. Названия почв приведены в соответствии с Классификацией и диагностикой почв России (2004). Объектами гидрохимических исследований являлись поверхностные воды, находящихся вблизи базы рек, ручьев, мелиоративных канав, а также воды колодцев и источников, испытывающие то или иное влияние антропогенной сельскохозяйственной деятельности. В почвенных образцах по общепринятым методам (Практикум…2005; Практикум…, 2001) были определены следующие агрохимические показатели в двукратной аналитической повторности: pH, содержание углерода и гумуса, катионный и анионный составы. В пробах воды проводилось определение ионного состава. Определялись катионы: H^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, NH_4^+; и анионы: HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, NO_2^-, $H_2PO_4^-$. (Аринушкина, 1970).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В районе расположения станции наиболее распространенными природными почвами являются подзолы иллювиально-железистые на озерно-ледниковых несортированных песках, на трансгрессионных озерных песках, а также торфяно-подзолы глеевые на тех же породах.

Почвы сельскохозяйственных угодий представлены агроземами альфегумусовыми, агроподзолами иллювильно-железистыми, агроземами альфегумусовыми с признаками вторичного оподзоливания в пахотном горизонте и торфоземами агроминеральными глеевыми. Сроки залежности для этих почв составляют соответственно 5, 16, 20 и 15 лет.

Данные четырехлетних морфологических наблюдений показывают, что никаких существенных пространственно-временных изменений в изученных типах почв не наблюдается. В агроземах, в настоящее время находящихся под редкостойными сосняками наблюдается формирование подстилки, под которой начинается вторичное оподзоливание (в верхней части пахотного горизонта). Такие почвы распространены по частям полей примыкающих к лесным массивам, где лесные экосистемы формируются достаточно быстро.

© Кузнецов А.В., Богомазова М.В., Балашова А.С., Семенова Е.М., Полтавцева М.В., Нецепляева И.С.

На центральных частях залежных полей доминируют плотнокустовые злаки, древесной растительности почти нет.

Из данных таблицы следует вывод о том, что культурное использование этих земель, – осушительная мелиорация, распашка, внесение удобрений и известкование, положительно сказываются на агрохимической характеристике почв (повышенная насыщенность основаниями, повышение содержания органического вещества), а также способствует повышению плодородия почв. В агроземах происходит уменьшение кислотности, почвы становятся нейтральными. Содержание гумуса в обработанных почвах может превышать таковое в природных почвах в 2–5 раз (до 9.98 %). В большинстве случаев возрастает сумма обменных оснований, насыщенность основаниями, количество азота.

Таблица. Агрохимическая характеристика агроземов.

Год обследования	Показатели кислотности					Гумус, %	Подвижные формы				
	pH вод	pH сол	H г	S	V, %		N_{NH4}^{+}	N_{NO3}^{-}	$N_{л.г.}$	P_2O_5	K_2O
			Мг*экв/100 г				Мг/кг				
Агрозем альфегумусовый с признаками вторичного оподзоливания в пахотном горизонте											
2004	Не опр.	5.3	4.6	0.35	37.47	2.32	44.00	17.50	116.90	778.6	131.95
2005	Не опр.	5.5	3.2	0.26	75.58	2.03	51.00	–	77.00	469.5	149.42
2007	6.4	5.5	2.3	7.80	77.60	3.39	27.40	12.40	155.00	1221.0	282.00
2008	6.3	5.6	4.1	6.69	61.89	4.33	8.09	9.71	155.22	1145.0	110.00
Агроподзол иллювильно-железистый											
2004	Не опр	5.6	2.1	0.06	75.40	2.32	38.00	12.00	127.40	916.0	222.60
2006	5.7	5.3	3.5	7.60	68.50	4.20	29.40	18.40	1540	1625.0	247.00
2007 начало внесения удобрений	6.5	5.5	0.0	12.70	99.80	5.48	Не опр.	Не опр.	1840	543.0	103.00
2008 продолжение внесения удобрений	7.6	Не опр.	0.3	51.53	99.36	4.58	6.10	11.69	141.53	274.8	661.00
Агроподзол иллювильно-железистый											
2004	Не опр.	4.5	21.6	0.53	35.74	8.07	77.00	0.50	294.00	830.1	81.34
2008 начало внесения удобрений	8.0	6.3	2.2	19.38	89.93	4.72	73.01	32.45	183.84	1665.5	168.00
Агрозем альфегумусовый											
2004	Не опр	6.0	1.3	0.07	94.25	3.15	37.00	7.50	137.20	1259.5	250.8
2007	8.3	7.2	24.4	50.20	67.30	0.04	1.60	4.80	109.00	–	30.00
2008	6.4	5.6	2.7	8.89	76.70	2.33	–	2.42	81.62	1832.0	76.00
Агроподзол иллювильно-железистый											
2004	–	5.8	2.0	0.05	86.62	2.93	52.00	11.50	121.80	1145.0	311.50
2007	6.6	5.6	0.0	Не опр.	Не опр.	3.53	Не опр.	Не опр.	167.00	300.0	170.00
2008	6.4	5.5	4.6	10.68	69.58	3.98	14.2	11.66	163.61	1488.5	131.00
Агроподзол иллювильно-железистый											
2002	4.8	4.3	2.2	12.30		1.80	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
2007	6.8	6.0	2.0	23.40	91.90	5.43	20.50	13.50	236.00	1054.0	197.00
2008	6.7	5.9	2.1	3.20	56.58	4.08	8.54	7.05	1.40	204.6	–

Результаты мониторинга поверхностных вод показывают, что в период 2004–2007 года не было превышения ПДК по всем проверяемым показателям. В 2008 году было выявлено резкое повышение концентрации $N\text{-}NH_4$ и $N\text{-}NO_3$ в трех пробах, причем концентрация $N\text{-}NH_4$ в реке Заостровке превысила ПДК в 8.5 раза, а $N\text{-}NO_3$ в р. Заостровке более чем в 110 раз. В мелиоративной канаве впадающей в р. Заостровку в 170 раз. Это связанно с началом активного применения органического удобрения на пахотных массивах принадлежащих ЗАО «Лотос–Агро». Существенное превышение ПДК по азоту выявленное

химическими методами не было определено с помощью методов биоиндикации, это связанно с тем, что степень сапробности водоемов итак достаточно высокая, гидробионты представлены в основном устойчивыми к органическому загрязнению видами, что не позволяет адекватно оценить загрязнение.

С биоцентрической точки зрения *деградация* почвы это любое отклонение почвенных характеристик от центрального образа почв некоторого климатического пояса (округа, провинции и т.д.). В нашем случае центральный образ почв – песчаные подзолы. *Прогрессивные изменения* – такие изменения в почве, которые в долгосрочной перспективе ведут к увеличению плодородия (в термодинамическом плане – к аккумуляции энергии и вещества). С антропоцентрической точки зрения естественно будет определить *деградацию* как совокупность процессов ведущих к потере плодородия, процесс обратный прогрессивным изменениям.

Таким образом, проведение многолетней практики по экологическому мониторингу в р-не УНБ «Свирская» позволило выявить существенные изменения природных почв под воздействием человека, которые можно рассматривать как деградацию природных почв (биоцентризм) или проградацию природных почв в сторону более плодородных агроземов (антропоцентризм).

ВЫВОДЫ

Агроземы в течение достаточно длительного времени, даже после двадцати лет залежи, сохраняют весьма высокие показатели плодородия и качества почв. Сохранение этих параметров зависит от характера растительности как древесного, так и травяного ярусов. Тем не менее, в агроземах крайних участков полей, заросших лесной растительностью, начинается эволюционное развитие в сторону исходных природных почв (подзолов). Это свидетельствует о том, что в скором времени (15–20), если агроземы и агроподзолы не будут обрабатываться, в этих почвах начнутся процессы возвращения в исходное природное состояние.

Активная и нерациональная с/х деятельность с использованием минеральных удобрений в самые короткие сроки вызывает негативные изменения в поверхностных водах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. МГУ,1970
2. *Классификация и диагностика* почв России, Смоленск, Ойкумена, 2004.
3. *Практикум* по агрохимическому анализу почв. СПбГУ, 2005
4. *Практикум* по агрохимии. Изд. МГУ, 2001

УДК 631.4

ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫХ РАВНИН СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

И.А. Лаптева

Санкт-Петербургский университет

В данной работе рассматривается ряд почв на озерно-ледниковых песках: лесная почва – залежная почва 50-летнего возраста – пахотная почва, прослеживается изменение морфологического строения, основных физико-химических показателей, гранулометрического состава, а также содержание фосфатов и различных форм калия при выходе почвы из сельскохозяйственного использования и пребывания почвы в залежи 50 лет. В качестве целинной почвы рассматривается подзол под сосняком разновозрастным.

ВВЕДЕНИЕ

Ленинградская область характеризуется самой низкой в стране обеспеченностью населения сельскохозяйственными угодьями. На каждого жителя Санкт-Петербурга и области приходится всего 0.07 га площади пашни. Поэтому проблема сокращения площади пахотных земель стоит в области особенно остро.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследования путей трансформации постагрогенных почв был выбран участок во Всеволожском районе Ленинградской области. Участок представляет собой ряд мелиорированных полей, перешедших в залежь. Территория ранее входила в состав совхоза «Всеволожский». На сегодняшний день территория заброшена и выведена из сельскохозяйственного использования. Лишь небольшая часть земель используется местными жителями под огороды.

Для сравнительной характеристики были отобраны образцы залежной почвы (возраст залежи 50 лет), целинной и пахотной почв. В качестве целинной почвы рассматривается лесная почва. Образцы пахотной почвы были взяты с огорода, расположенного рядом с мелиорированными полями.

Опорные разрезы представлены следующими почвами:

1. подзол иллювиально-гумусово-железистый глеевый на озерно-ледниковых песках – разрез заложен в сосновом лесу;
2. агро-дерново-подзол иллювиально-гумусово-железистый – пахотная почва;
3. агро-подзол иллювиально-железистый глеевый - мелиорированное поле, заросшее луговыми травами, залежь 40–50 лет.

В полевых условиях произведено морфологическое описание профилей изучаемых почв.

В лабораторных условиях при определении основных физико-химических показателей использованы стандартные методики (Аринушкина, 1970; Растворова, 1983), подвижные фосфаты определены методом Кирсанова. Для определения группового состава соединений фосфора был использован метод Чирикова – вариант Шконде в модификации К.Е. Гинзбург (1975). Воднорастворимый калий был извлечен водной вытяжкой. Обменные и необменные формы калия изучались по методу В.У. Пчелкина (1969).

Результаты и обсуждение: Лесная почва представлена подзолом альфегумусовым под коренным лесов – сосняком разновозрастным с редкими осинами и березами. Строение подзола типично для почв данного генезиса и характеризуется наличием лесной подстилки (0–8 см), незначительным по мощности гумусово-элювиальным горизонтом AYE (8–15 см) и хорошо выраженным подзолистым горизонтом (15–30 см), который подстилается альфегумусовым горизонтом (BHF). Почва немелиорирована и сильно оглеена.

© И.А. Лаптева, 2009

Морфологическое строение профиля свидетельствует о сопряженном протекании в лесной почве гумусово-аккумулятивного, подзолистого и глеевого процессов.

Окультуривание и распашка привели к тому, что на месте верхних горизонтов О, AYE и частично Е сформировался мощный гумусовый горизонт (34 см) с однородной темно-серой окраской, с хорошо выраженной комковатой структурой. Мощность подзолистого горизонта уменьшилась до 8 см.

Нахождение почвы в залежи 40–50 лет привело к морфологическим изменениям. На поверхности почвы появляется слой рыхлой дернины мощностью до 5 см, несколько уменьшается мощность гумусового горизонта.

Морфологические исследования показали, что при постагрогенной трансформации строение профиля частично приобретает генетические признаки целинной почвы.

По гранулометрическому составу все исследуемые почвы относятся к пескам - содержание физической глины в профиле всех разрезов составляет 6–9 %. Для всех почв рассматриваемой территории характерно преобладание фракции мелкого песка (0.25–0.5 мм). Они почти лишены илистой фракции (<0.001 мм), а также фракций средней и мелкой пыли. Второй преобладающей фракцией в данных почвах является фракция крупной пыли (0.05–0.01 мм). По трехчленной классификации Качинского все почвы можно отнести к классу пески связные мелкозернистые крупнопылеватые.

При сравнительной характеристике почв разновозрастных залежей, лесной почвы и современной пашни различий в гранулометрическом составе выявлено не было.

Для гумусово-аккумулятивного горизонта лесной почвы характерна сильнокислая реакция среды (pH_{KCl} = 3.2), невысокое содержание поглощенных оснований и низкая степень насыщенности основаниями. В лесной почве гумус сосредоточен в самом верхнем горизонте (8–15 см) и содержание его невысоко (2.2 %) и резко падает с глубиной (0.2 %).

Пахотная почва характеризуется слабокислой реакцией (pH_{KCl} = 5.3), резко повышается, по сравнению с лесной почвой, содержание поглощенных оснований, и степень насыщенности ими (до 95 %). В пахотном горизонте содержание гумуса не увеличивается (2.2 %), однако гумусовый горизонт растянут до глубины 34 см.

С увеличением срока нахождения агро-дерново-подзола в залежи (40–50 лет) снижается содержание гумуса, уменьшается количество поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями. Величина pH почвы мало изменяется (табл.).

Проведенные исследования показали, что с длительностью срока залежности почв утрачиваются положительные изменения физико-химических свойств, достигнутых окультуриванием.

Во всех исследуемых почвах были определены следующие формы калия: воднорастворимый, обменный, необменный. Рассматривался лишь верхний гумусовый горизонт. Содержание воднорастворимого калия составляет всего 0.2 % от валового содержания калия, что говорит о крайне низкой обеспеченности почв калием, содержание обменного калия также невысоко и составляет в среднем 0.5–0.6 % от валового содержания калия.

Необменные формы калия являются резервом почвенного плодородия, его содержание несколько выше и составляет в среднем 1.0 % от валового калия в почве.

Основная часть калия связана с кристаллическими решетками минералов и не извлекается химическими реагентами.

Распашка привела к резкому увеличению калия в верхних гумусовых горизонтах: воднорастворимого калия, его обменных и необменных форм. Пребывание почвы в залежи 50 лет привело к снижению содержания всех форм калия.

Очевидно, что залежное использование почв легкого гранулометрического состава без удобрений в течение нескольких лет и более приводит к резкому уменьшению всех форм калия. Полученные данные согласуются с ранее проведенными исследованиями (Литвинович и др., 2005, 2006).

Таблица. Физико-химическая характеристика почв озерно-ледниковой равнины.

Глубина, см	Гор-т	pH_{H2O}	pH_{KCl}	Гумус, %	Гидролитич. кислотность, м-экв/100 г .	P_2O_5, мг/100 г	K_2O мг/100 г	∑Ca,Mg м-экв/100 г почвы	V, %
Подзол иллювиально-гумусово-железистый глеевый на озерно-ледниковых песках (лесная почва)									
0–8(11)	O	3.9	3.2	–	–	16.2	5.3	4.6	не опр.
11–15	AYE	4.4	3.6	2.2	6.0	16.5	0.8	3.4	36
15–30	E	4.8	4.4	0.2	1.0	0.8	0.5	3.4	77
30–50	BHF	4.9	4.4	0.9	3.0	5.4	3.1	3	50
50–77	G_1	5.0	4.5	0.3	1.2	3.6	0.5	4.4	78
Агро-дерново-подзол иллювиально-гумусово-железистый (пахотная почва)									
0–10	P_1Y	5.7	5.3	2.2	1.5	10.50	5.6	28.8	95
10–31	P_1Y	5.7	5.2	2.1	1.5	10.30	2.3	25.2	97
31–34	P_2	5.6	5.3	1.6	1.2	2.38	3.3	15.2	92
34–42	E	5.4	4.9	0.3	1.2	2.50	3.6	9.2	88
42–60	BHF	5.7	5.3	0.9	1.0	9.00	1.7	11.2	91
60–80	BHF	5.6	5.2	0.5	1.0	7.54	1.0	4.8	82
80–90	BHF	5.6	5.2	0.2	0.75	11.83	1.0	4.4	85
90–100	Cg	5.5	5.1	0.2	0.75	8.7	1.3	4	84
Агро-подзол иллювиально-железистый глеевый (залежь 50 лет)									
0–5	O	6.1	5.4	1.4	1.5	16.2	0.1	18.0	92
5–26	P	5.9	5.1	1.7	1.5	13.3	0.4	7.0	82
26–33	E	5.7	5.0	0.3	0.8	1.6	0.2	4.0	83
33–49	BF	5.8	5.1	0.6	1.5	11.5	0.3	4.8	76
49–90	Gox	5.7	4.8	0.2	0.8	18.8	0.2	3.6	89
90–93	G_2	5.7	4.7	0.2	0.8	Не опр	Не опр	2.8	77

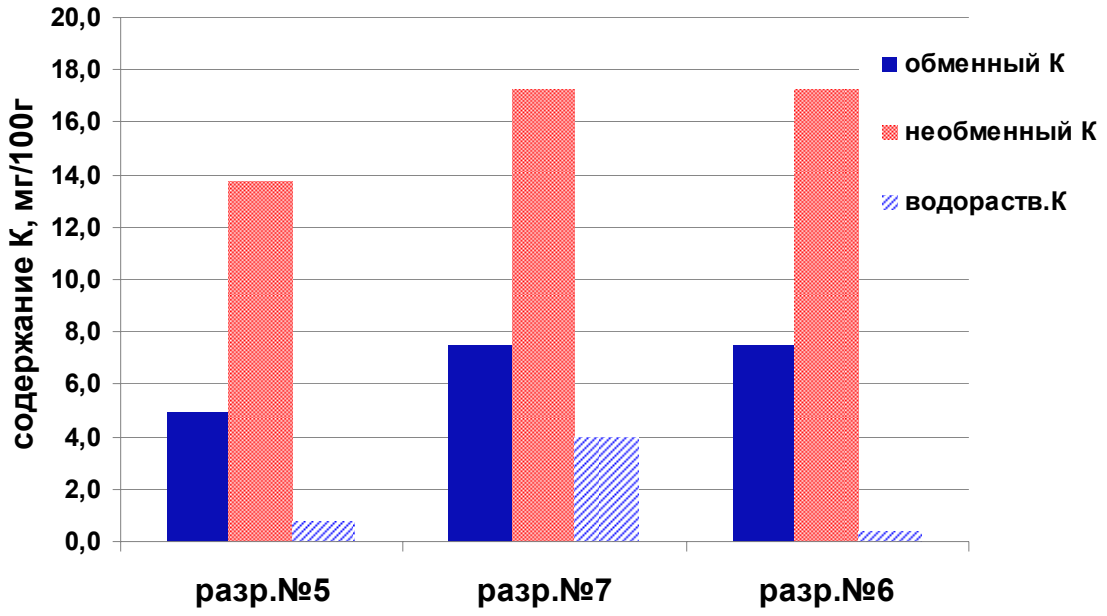


Рисунок 1. Соотношение различных форм калия в почвах, сформированных на озерно-ледниковых песках (р.5 – почва под лесом, р.7 – современная пашня, р.6 – 50-летняя залежь).

По всему профилю были определены подвижные фосфаты. Распределение подвижных фосфатов по профилю – элювиально-иллювиальное. Почвы являются низкообеспеченными по содержанию подвижных фосфатов, при переходе почвы в залежь их содержание снижается.

В верхних горизонтах исследуемых почв был определен фракционный состав соединений фосфора. Все исследуемые почвы отличаются невысоким и средним содержанием валового (0.09–0.18% P_2O_5) и органического фосфора (13–31% от валового). В составе минеральных форм фосфора преобладают фракции фосфатов полуторных окислов (группа 3), причем содержание этой группы фосфатов в целинной лесной почве существенно ниже, чем в пахотной и залежной почве. Лесная почва характеризуется наименьшим содержанием минеральных фосфатов, доступных растениям по сравнению с пахотной почвой и залежной почвой.

На слабоокультуренной почве распашка ведет к возрастанию содержания фосфатов щелочных металлов и аммония, фосфатов кальция, алюминия и железа. Выход почвы из сельскохозяйственного использования и пребывания почвы в залежи приводит к снижению содержания органических фосфатов, падению количества валового фосфора и фосфатов невыветрившихся минералов и материнской породы.

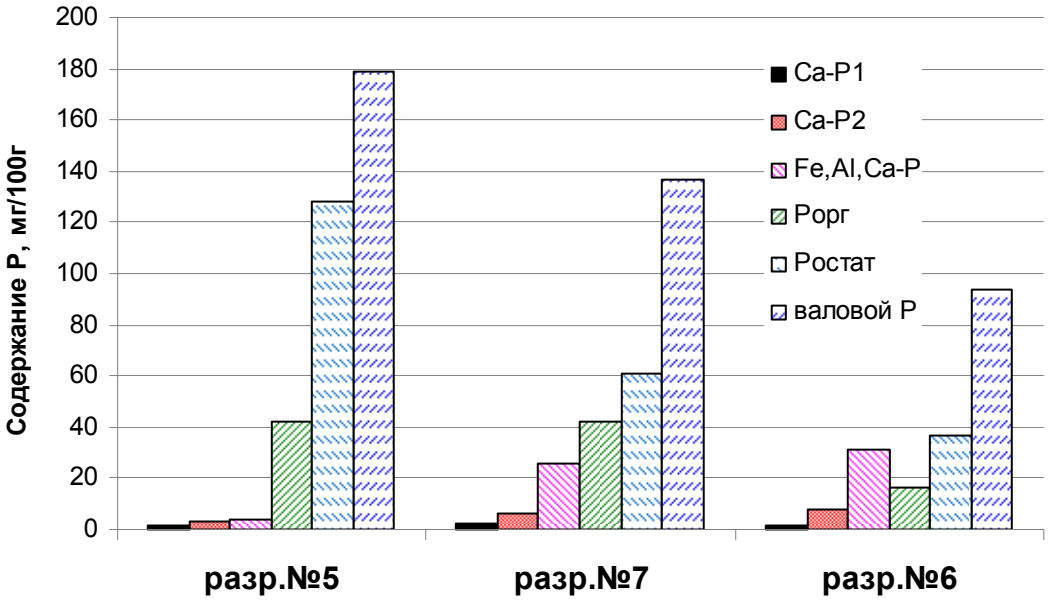


Рисунок 2. Соотношение различных форм фосфора в почвах, сформированных на озерно-ледниковых песках (р.5 – почва под лесом, р.7 – пашня, р.6 – 50-летняя залежь).

ВЫВОДЫ

1. В процессе постагрогенной трансформации постепенно исчезают положительные изменения физико-химических свойств почв, полученных в результате окультуривания. С длительным сроком залежности уменьшается содержание гумуса, сумма поглощенных оснований, происходит подкисление почвенной среды. Снижение содержания гумуса в залежной почве под лугом, вероятно, объясняется тем, что накопление гумуса, в результате разложения материала травянистых растений, не перекрывает искусственную аккумуляцию органических веществ в песчаной пахотной почве, обусловленную внесением повышенных доз органических удобрений.

2. Выход культурных почв на песчаных породах из сельскохозяйственного использования и срок залежности почв не отражается на гранулометрическом составе.

3. Во всех исследованных почвах в составе валового фосфора преобладают органические фосфаты и фосфаты невыветрившихся минералов.

4. В почвах на песчаных породах с увеличением срока залежности снижается содержание валового фосфора, в том числе органических фосфатов и высокоосновных фосфатов кальция.

5. Преобладающая часть калия во всех почвах сосредоточена в потенциальном резерве и труднодоступна для растений (связана с первичными глинистыми минералами).

6. С увеличением длительности пребывания бывших пахотных почв на песчаных породах в залежи происходит снижение содержания воднорастворимого калия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. 487 с.
2. *Гинзбург К.Е.* Фосфор основных типов почв СССР. М., 1981. 244 с.
3. *Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Дричко В.Ф., Чернов Д.В., Фомина А.С.* Изменение кислотно-основных свойств окультуренной дерново-подзолистой песчаной почвы в зависимости от срока нахождения в залежи.// Почвоведение, 2005, №10, с. 1232–1239.
4. *Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Маслова А.И., Чернов Д.В.* Калийное состояние дерново-подзолистой глееватой песчаной почвы при окультуривании и под залежью. // Почвоведение, 2006. №7, с. 876–882.
5. *Растворова О.Г.* Физика почв (практическое руководство). Л., 1983. 196 с.
6. *Теория и практика* химического анализа почв (под ред. Л.А.Воробьевой). //М., 2006. 400 с.

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ СТОКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Е.В. Мошкина

Институт леса Кар НЦ РАН, Петрозаводск

Впервые на территории Республики Карелия проводилось исследование, направленное на изучение негативного воздействия стоков животноводческих комплексов на азотный фонд и микроэлементный состав почв прилегающих территорий. На фоне низкого содержания азота в почвах республики нами не выявлено загрязнения исследованных объектов азотсодержащими соединениями. Однако зафиксировано превышение фонового содержания, а некоторых случаях и норм ПДК по ряду тяжелых металлов.

Животноводство на российской части Европейского Севера, представленное в основном фермами крупного рогатого скота, ведется интенсивными методами, что приводит к большой концентрации поголовья животных на ограниченной территории. Это, а также применение нерациональных технологий, нарушение правил природопользования и эксплуатации животноводческих предприятий, обусловливает большую нагрузку на окружающую среду. Основная масса сельскохозяйственных предприятий Карелии расположена на месте осушенных болот или вырубленных лесов и сосредоточена на территории бассейнов Онежского и Ладожского озер, что является реальной угрозой их загрязнения.

Для многих сельскохозяйственных предприятий Карелии на сегодняшний день проблема утилизации бесподстилочного навоза не решена. Вместе с тем стоки с территории животноводческих комплексов (ЖК) вызывают загрязнение почв и поверхностных вод биогенными элементами и балластными веществами. Хорошо растворимые соединения вымываются из почвы и поступают в поверхностные и подземные воды, загрязняя их, стимулируя развитие сине-зеленых водорослей, снижая содержание в воде кислорода и другие отрицательные последствия. Малорастворимые соединения аккумулируются в почве и при достижении определенной концентрации поступают в растения и далее по трофическим цепям в организмы животных и человека. Токсичного уровня в почве может

© Е.В. Мошкина, 2009

достигать содержание азота в форме нитратов, а также некоторых тяжелых металлов. Учитывая, что на молочных фермах промышленного типа годовой выход навоза составляет в среднем 25.6 тыс. т. на 1 тыс. голов, в результате многолетней хозяйственной деятельности может происходить загрязнение территории различными токсикантами, что значительно снизит биоресурсный потенциал агроценозов.

Вышесказанное свидетельствует о необходимости изучения влияния агропромышленного комплекса (АПК) на окружающую среду. В связи с этим целью данной работы стало исследование воздействия крупного аграрного производства на плодородие и экологическое состояние сельскохозяйственных земель в Республике Карелия.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- выявление и характеристика возможных источников загрязнения сельскохозяйственных земель на территории Карелии (крупные животноводческие комплексы);
- установление состава и количества загрязнителей в почвах прилегающих к ЖК территорий;
- определение количества токсикантов, поступающих в водоемы в районах крупных животноводческих комплексов;
- оценка степени загрязнения территорий, находящихся в сельскохозяйственном использовании.

Объектами исследований являлись дерново-подзолистые почвы сельскохозяйственных угодий. Контролем служили подзолы иллювиально-железистые песчаные, расположенные на территории заповедника «Кивач». Отбор почвенных образцов проводился градиентным методом (пробные площади были заложены на различном расстоянии от предполагаемого источника загрязнения). Химический анализ проб почвы и воды проводился по общепринятым методикам (Агрохимические методы исследования почв, 1975; Алекин, 1970; Аринушкина, 1975).

В ходе исследований с целью выявления источников загрязнения окружающей среды проведены полевые обследования и дана экологическая оценка сельскохозяйственных угодий, водоемов и животноводческих ферм на территории республики. Влияние АПК в данной статье дано на примере животноводческого комплекса ЗАО «Эссойла» Пряжинского района (д. Нижняя Салма).

Опытные площади закладывались по градиенту на различном расстоянии от источника загрязнения (от фермы по покатому склону к реке Шуя). Первая пробная площадь (п.п.) заложена на одном уровне с животноводческим комплексом на расстоянии 500 м в сосняке вересково-лишайниковом (местный контроль – почва подзолистая иллювиально-железистая песчаная); вторая и третья п.п., представленные пашней под картофелем на разном удалении (200 м и 400 м) от ЖК вниз по склону к реке (почвы окультуренные дерново-подзолистые песчаные); еще через 300 м, у подножья склона в непосредственной близости р. Шуя, заложена четвертая пробная площадь, представленная лугом, используемым под выпас (почва аллювиальная дерново-подзолистая песчаная).

Проведенные в течение трех лет исследования позволили выявить следующие особенности. В результате деятельности сельскохозяйственных предприятий животноводческого направления в значительной степени изменяются все физико-химические свойства почв прилегающих территорий, в том числе происходит снижение обменной и гидролитической кислотности, увеличение содержания органического вещества в верхних горизонтах почв, накопление основных элементов питания (азота, фосфора, калия). Таким образом, дерново-подзолистые почвы пахотных угодий и аллювиальные дерново-подзолистые песчаные почвы луга характеризуются более высоким уровнем pH (5.2–6.5), чем почва контрольного варианта в сосняке (4.2–5.2), имеют большую степень насыщенности обменными основаниями (28.8–37.4 % и 5.2–26.3 % соответственно) и в несколько раз превосходят лесную почву по содержанию азота и гумуса в минеральных горизонтах. Однако, детальное исследование азотного фонда почв, расположенных вблизи животноводческих комплексов, показало, что пахотные почвы характеризуются низким уровнем содер-

жания общего азота, что является типичным признаком дерново-подзолистых почв Карелии. Сельскохозяйственные культуры, возделываемые на данных почвах, испытывают острый дефицит азотного питания. Поэтому при поступлении в почву стоков животноводческих комплексов на фоне высоких доз внесения навоза в качестве органического удобрения не наблюдается значительного увеличения содержания общего азота, так как большая часть доступного азота поглощается в качестве источника азотного питания растениями и почвенной микрофлорой, а также вымывается из почвы поверхностными и грунтовыми водами. Анализ химического состава навоза показал, что количество общего азота в нем соответствует показателям в подстилках высокопродуктивных сосновых насаждений. Однако в навозе КРС значительная часть азота представлена доступной для растений формой, а количество аммонийного азота в составе азотного фонда достигает 30 %. При вовлечении лесных почв в сельскохозяйственное использование происходит увеличение валового содержания азота (до 0.22 %) и доступных для питания растений форм в его составе (до 43 % в пахотных почвах). При этом отмечается увеличение содержания нитратного азота и снижение доли аммонийного азота во фракции минерального азота почв. Вместе с тем наблюдается увеличение доли азота свободных аминокислот и снижение азота связанных аминокислот в азотном фонде почв. Данные наших исследований подтверждают мнение Friedel J.K, Scheller E. (2002) о том, что содержание белковых аминокислот выше в почвах лесов и пастбищ, чем пахотных почвах.

Отмечено увеличение содержания элементов минерального питания (P_2O_5 до 145.2 мг/100 г; K_2O до 52.9 мг/100 г) в исследованных почвах сельскохозяйственных угодий. Высокие показатели концентраций фосфора (92.3 мг/100 г) в почве луга у подошвы склона могут вызывать опасения относительно поступления фосфатов в водоемы.

Особый интерес представляют данные о содержании тяжелых металлов (ТМ). Определение химического состава навоза КРС показало, что качественные и количественные характеристики микроэлементного состава соответствуют широко используемому на территории республики в качестве органического удобрения торфу. Однако содержание в навозе таких микроэлементов как марганец, хром и медь превышает средние показатели в торфе низовых болот. Поступление ТМ в почву в результате внесения навоза в качестве удобрения, а также со стоками с территории животноводческих комплексов, может способствовать накоплению их в окружающей среде.

Исследование микроэлементного состава почвенного покрова показало, что происходит увеличение содержания целого ряда микроэлементов в почвах территорий прилегающих к ЖК. При этом содержание свинца в луговой почве у подошвы склона, составляет 1–1.5 ПДК. В почвах пахотных угодий содержание свинца невысокое, но превышает средние данные для почв Карелии (Федорец и др., 1998, 2008). Количество кобальта, никеля, меди также превышает региональный фон. Отмечено значительное накопление хрома в луговой почве у подошвы склона к реке Шуя, достигающее 1ПДК, на других п.п. количество хрома превышает региональный и геохимический фон для данных почв. Все обследованные почвы содержат много марганца, количество которого превышает средние данные по Карелии, а в аллювиально-дерново-подзолистой почве луга составляет 1.5 ПДК. Количество ванадия близко к геохимическому фону во всех исследованных почвах, наибольшее его содержание отмечено в почве луга. Стронций накапливается в почвах, и в настоящее время превышает фон и кларковое содержание.

Предполагается, что стоки с животноводческого комплекса, а также поверхностные и внутрипочвенные стоки с сельхозугодий могли загрязнять природный водоем, находящийся в нижней части изучаемого градиента. В воде р. Шуя выявлена высокая концентрация аммонийного азота, в 2–4 раза превышающая ПДК (0.05 мг/л) для рыбохозяйственных водоемов. В воде обнаружено много органического вещества. Водородный показатель не выходит за пределы нормы, то же можно заключить и о концентрации щелочных и щелочноземельных металлов. Отмечено увеличение концентрации ТМ (не превышающее ПДК) в воде реки Шуя в районе ЖК.

Вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы:

- в результате исследований не выявлено глубокого отрицательного воздействия стоков животноводческих комплексов на экологическое состояние почв прилегающих территорий;

- прослеживается тенденция накопления биогенных и токсичных элементов в почвах прилегающих к ЖК территорий и воде природных водоемов.

Природная среда на Севере из-за климатических, геологических и других особенностей уязвима сильнее, чем в более южных регионах, а для восстановления загрязненных или нарушенных объектов требуется более длительный период. Поэтому следует предпринять все возможные меры для снижения отрицательного воздействия АПК на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агрохимические методы* исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. *Агроэкология*: Учеб. для вузов / Под ред. Черникова В.А.,. Чекереса. А.И М.: Колос, 2000. 536 с.
3. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометиздат, 1970. 413 с.
4. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1975. 470 с.
5. *Федорец Н.Г., Бахмет О.Н., Солодовников А.Н., Морозов А.К.* Почвы Карелии: геохимический атлас. М.: Наука, 2008. 47 с.
6. *Федорец Н.Г., Дьяконов В.В., Литинский П.Ю., Шильцова Г.В.* Загрязнение территории Республики Карелия тяжелыми металлами и серой. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. 50 с.
7. *Friedel J.K, Scheller E.* Composition of hydrolysable amino acids in soil organic matter and soil microbial biomass //Soil Biology & Biochemistry, 2002. V. 34. №3. P. 315–325.
8. Работа рекомендована д. с.-х. н. Н.Г. Федорец

УДК 631.4: 551.8

СОСТАВ ГУМУСА ПАЛЕОПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТУВЫ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ ГОЛОЦЕНА

К.О. Очур

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

Изучение состава гумуса почв разного возраста последних 4.5 тыс. лет голоцена Центральной Тувы позволило выявить, что в этот период на данной территории эволюция природной среды была направлена от относительно менее теплых более влажных к относительно более теплым и сухим условиям, но все изменения происходили в рамках степных ландшафтов.

ВВЕДЕНИЕ

Хорошо известно, что почвы выполняют ряд важных функций в экосистемах, среди которых особое место занимает функция памяти почв (Память почв…, 2008). В последнее время все чаще почву рассматривают как особый носитель и накопитель информации об эволюции типов и условий почвообразования, поскольку почва отражает, записывает и запоминает в своих свойствах основные особенности среды своего формирования, основные стадии своего саморазвития и эволюции и их изменения во времени. Одним из носителей памяти почв являются гумусовые вещества, состав и структура которых отражает термодинамическую обстановку их формирования, а ряд признаков сохраняется во времени (Дергачева, 1984, 1997, 2006). Таким образом, изучение гумуса датированных радиоуглеродным методом гумусовых горизонтов палеопочв позволило нам реконструировать изменение условий природной среды на территории Центральной Тувы за последние 4.5 тыс. лет, основываясь на информации, записанной в составе, структуре и свойствах гумусовых веществ.

© К.О. Очур, 2009

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на территории Центрально-Тувинской котловины и окаймляющих их гор, которая представляет собой неоднородную по орографии, климату, растительному, и почвенному покрову территорию со сложным и своеобразным историческим и геологическим прошлым.

Изучались гумусовые горизонты четырех палеопочв разного возраста, которые были вскрыты в разрезах Ондум–11, Хондергей–2 и Сесерлиг–1. Их датирование проводилось по гуминовым кислотам радиоуглеродным методом в Институте Нефтегазовой Геологии и Геофизики СО РАН к.г.-м.н. Л.А. Орловой.

В разрезе Ондум–11, заложенном в долине ручья Ондум, гумусовый горизонт палеопочвы зафиксирован на глубине 18–24 см. Время его формирования по гуминовым кислотам определено как 605±55 лет назад.

В сухой части русла р. Хондергей в береговом обнажении был изучен торфяной слой на глубине 90–94 см, формирование которого происходило в то время, когда река была полноводной и граница ее русла была в непосредственной близости от изучаемых отложений. Горизонт датируется, согласно возрасту гуминовых кислот, временем 2490±45 л. н.

В разрезе Сесерлиг–1, расположенном в Улуг-Хемской котловине на южном склоне Уюкского хребта в левобережье р. Сесерлиг датированы два гумусовых горизонта. Гуминовые кислоты, выделенные из первого гумусового горизонта (глубина 58–62 см), имеют возраст 2695±55 л.н., а из второго (глубина 90–120 см) – и 4105±80 л.н.

Диагностика и реконструкция палеоприродной среды проводилась педогумусовым методом (Дергачева, 1997). Состав гумуса изучался по методике В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой (1968). Гуминовые кислоты выделялись традиционным методом (Орлов, Гришина, 1980) с модификацией в звене очистки (Дергачева и др., 2002). Элементный состав гуминовых кислот определялся в лаборатории НИОХ СО РАН под руководством д.х.н. В.П. Фадеевой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На гумусовой профилеграмме (рис. 1), характеризующей отложения объекта Ондум–11 в целом, на глубине 18–28 см четко выделяется гумусовый горизонт палеопочвы (верхняя часть которого была датирована по гуминовым кислотам), который отличается повышенной долей гуминовых кислот (ГК), в основном за счет гуматов кальция, и относительно более низкой долей фульвокислот (ФК), а также гуматным (глубина 24–28 см) или фульватно-гуматным (18–24 см) составом гумуса. Доля ГК превышает 48 %, ФК составляет около 30 %, что свидетельствует об оптимальных условиях гумусообразования в период формирования данного горизонта, т.е. о степных ландшафтах с умеренно-засушливым климатом. Последний вывод подтверждается также соотношением Н и С в ГК, которое колеблется в этом горизонте в пределах 0.88–0.91, характерных для степных ландшафтных условий (табл.). Это позволяет предположить, что 600 лет назад на данной территории существовали умеренно-засушливые степи, и почвообразование могло протекать по черноземному типу.

Уже само наличие торфяного слоя в бывшем береговом обнажении р. Хондергей на глубине 90–94 см свидетельствует, что природные условия в период его формирования отличались повышенной увлажненностью и были относительно теплыми. Т.е. примерно 2.5 тыс. л.н. в долине р. Хондергей климат был теплый, а повышенное увлажнение обусловливалось влиянием реки, по отношению к которой отложения, включающие торфяной слой, были береговыми. Повышенное влияние увлажненности проявляется и в величине Н:С гуминовых кислот, которое здесь превышает 1.0.

Разрезом Сесерлиг–1, находящемся в среднегорном ярусе рельефа с преобладающим степным ландшафтом, вскрыты отложения общей мощностью 210 см, включающие серию перемежающихся четко выделяемых морфологически высокогумусированных, темно-

серой или каштановой окраски горизонтов и осадков палевого, буровато-палевого или бурого оттенка. Среди них выделяется ряд горизонтов с повышенным содержанием гумуса, что проявляется не только морфологически, но и четко видно на гумусовой профилеграмме (рис. 2). Нами использовались для реконструкции только датированные по ГК горизонты. Они характеризуются разным соотношением компонентов в составе гумуса, хотя и в том и в другом преобладают ГК, хотя в верхнем из них, на глубине 58–62 см, гумус имеет гуматный тип ($C_{ГК}$:$C_{ФК}$=1.83), а в нижнем (90–120 см) – фульватно-гуматный (1.0–1.23). В обоих случаях условия были степные, но период формирования нижней почвы был относительно менее теплым и более влажным (табл.). Это подтверждается и величинами H:C в ГК, которые в нижнем гумусовом горизонте достигают 1.0 и даже превышают ее, а в верхнем они близки к таковым из гумусового горизонта в разрезе Ондум–11.

Таблица. Состав гумуса горизонтов [А] палеопочв Центральной Тувы.

Разрез	Глубина	Дата ^{14}C	$C_{общ}$, %	$C_{ГК}$	$C_{ФК}$	$C_{ГК}$:$C_{ФК}$	H/C
Ондум–11	18–24	605±55	2.91	26.70	20.23	1.32	0.91
	24–28		2.14	48.45	29.62	1.64	0.88
Хондергей–2	90–94	2490±45	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	1.05
Сесерлиг–1	58–62	2695±55	2.42	43.8	24.0	1.83	0.83
	90–100	4105±80	2.29	37.6	30.7	1.23	0.99
	100–110		2.33	33.9	30.9	1.10	1.01
	110–120		2.49	29.3	29.3	1.00	1.09

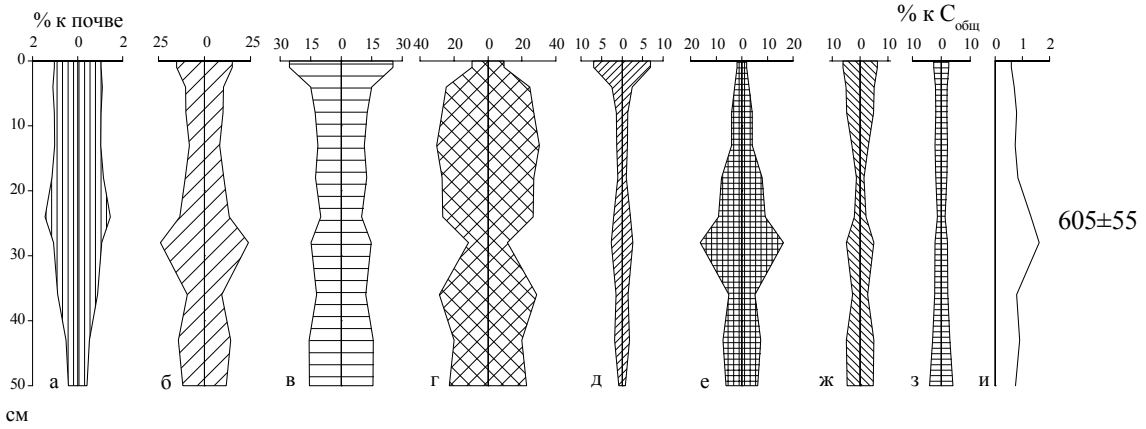


Рисунок 1. Гумусовый профиль отложений разреза Ондум–11

Обозначения: а – общее содержание углерода (% к почве); (% к $C_{общ}$) б – гуминовые кислоты (ГК), в – фульвокислоты (ФК), г – негидролизуемый остаток (гумин), д – фракция $ГК_1$, е – $ГК_2$, ж – $ГК_3$, з – $ФК_{1а}$; и – $C_{ГК}$:$C_{ФК}$

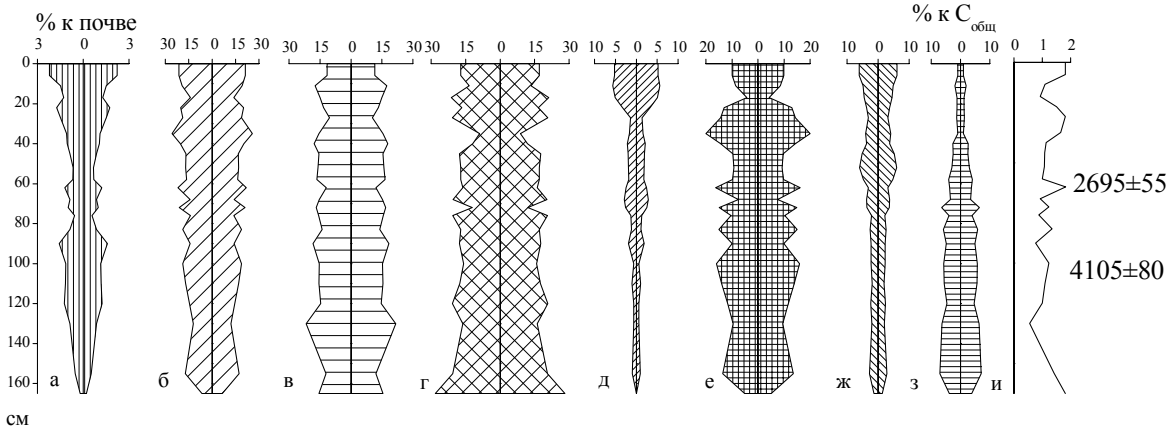


Рисунок 2. Гумусовый профиль отложений разреза Сесерлиг–1. Обозначения см. рис. 1.

ВЫВОД

Равнение данных по составу гуминовых кислот и их соотношению с фульвокислотами, характеризующими гумусовые горизонты палеопочв разного абсолютного возраста – от 4.5 тыс. до 600 л. н.– показало, что в этот период в целом эволюция природной среды шла от относительно менее теплых более влажных к относительно более теплым и сухим условиям, но все изменения происходили в рамках степных ландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дергачева М.И.* Органическое вещество почв: статика и динамика. Новосибирск: Наука, 1984. – 155 с.
2. *Дергачева М.И.* Археологическое почвоведение. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. – 228 с.
3. *Дергачева М.И.* Возможности использования гумусовых кислот для реконструкции естественных и агроландшафтов прошлого // Проблемы древнего земледелия и эволюции почв в лесных и степных ландшафтах Европы // Мат. Международного научного семинара – Белгород: БГУ, 2006. С. 6–13.
4. *Дергачева М.И., Некрасова О.А., Лаврик Н.Л.* Гуминовые кислоты современных почв Южного Урала.– Препринт.– Новосибирск, 2002.– 24 с.
5. *Орлов Д.С., Гришина Л.А.* Практикум по химии гумуса. – М.:МГУ, 1981. – 271 с.
6. *Понамарева В.В., Плотникова Т.А.* Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов // Почвоведение. – 1968 – №11 – С. 104–117
7. *Память Почв*: Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий / отв. ред. Таргульян В.О., Горячкин С.В. – М.: ЛКИ, 2008. – 692 с.

Работа рекомендована д.б.н., профессором Дергачевой М. И., г.н.с. ИПА СО РАН

УДК 631.417.2 : 631.416.1 : 631.445

СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО, ЛАБИЛЬНОГО, ВОДОРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Г.В. Пироговская, О.И. Исаева

РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск

В статье приводятся результаты исследований о содержании общего гумуса и его запасов, лабильной его части, концентрации и потерях водорастворимого органического вещества, запасах минерального азота в слое 0–50 см наиболее распространенных почв Республики Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Многочисленными исследованиями установлено, что главными критериями оценки уровня продуктивности почвы являются содержание, запасы гумуса и минеральных форм азота. Гумус имеет большое значение как источник минерального азота, чем интенсивнее идет в почве накопление гумуса, тем выше общие запасы азота [1, 2]. Интенсивность процессов разложения органического вещества в почве и поступление его в поверхностные и грунтовые воды зависит от многих факторов: гранулометрического состава почв их водного и температурного режимов, продолжительности вегетационных периодов возделываемых сельскохозяйственных культур и т.д.

Для характеристики трансформации и новообразования гумуса наиболее информативны подвижные, или так называемые лабильные формы, гумусовых веществ. Лабильные формы гумусовых веществ – это наиболее молодые формы гумуса, отличающиеся повышенным содержанием азота. Они быстро минерализуются и делают азот доступным для питания растений.

Водорастворимые органические вещества (ВОВ) выполняют важную роль в биосфере, поскольку они мобильны и активно участвуют в процессах превращения вещества и энергии, оказывают влияние на энергетическую, концентрационную, транспортную, средообразующую функцию в почвах, а также влияют на питание растений. Они являются чуткими индикаторами направленности преобразований в почвах и сопряженных с ними по ландшафту объектах, оказывают влияние на особенности гумусообразования, растворяющее действие на недоступные растениям природные соединения и повышение их миграционной способности, влияют на поступление элементов питания в живые организмы и оказывают прямое физиологическое воздействие на рост и развитие растений.

Целью исследований являлась сравнительная оценка изменения содержания общего и лабильного гумуса, его запасов, концентраций и потерь водорастворимого органического вещества в наиболее распространенных почвах Республики Беларусь в процессе сельскохозяйственного использования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили (1980–2008 гг.) на лизиметрической станции, расположенной на территории РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в г. Минске. Лизиметрическая станция введена в эксплуатацию с 1980 года, включает 48 насыпных лизиметров, цилиндрической формы из сборных железобетонных колец с глубиной почвенного профиля 1.0 и 1.5 м. Колодцы лизиметров имеют внутренний диаметр 2.0 м, площадь 3.14 $м^2$.

Объектами лизиметрических исследований являлись почвы разных типов, в частности: дерново-подзолистые автоморфные разного гранулометрического состава, используемые в севооборотах; дерново-глеевые и торфянисто-глеевые, используемые под многолетними травами с момента открытия лизиметрической станции; и торфяные, используемые как в севооборотах, так и под многолетними травами.

Лизиметрические исследования, учет инфильтрационных вод и их анализ проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Одновременно на лизиметрической станции с 1980 г. проводился учет и анализ атмосферных осадков.

Почвенные образцы в лизиметрических опытах отбирались с пахотного и подпахотных горизонтов перед закладкой и после уборки сельскохозяйственных культур, которые анализировались следующими методами: гумус – по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-84); лабильный гумус – по методике М.А. Егорова с определением С по методу Тюрина в модификации Симакова; $N\text{-}NO_3$ – ионометрическим методом, ГОСТ 26951-86; N-NH4 – по методу ЦИНАО, ГОСТ 26489-85.

Отбор лизиметрических вод проводился ежегодно: весной – до внесения удобрений и посадки сельскохозяйственных культур, осенью – после уборки, в начале зимы, после промерзания почвы и прекращения просачивания вод. Анализ лизиметрических вод и осадков выполнялся согласно методикам Алексина О. А., Аринушкиной Е. В. и Новикова Ю. В. и др. В инфильтратах лизиметрических вод и осадков определяли водорастворимое органическое вещество (ВОВ) – по Тюрину.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Лизиметрическими исследованиями установлено, что за период с 1980 по 2008 год, в ходе сельскохозяйственного использования дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава произошло увеличение содержания гумуса как в пахотном горизонте на 0.14–0.62 %, так и в почвообразующей породе на 1.01 %, за исключением высоко окультуренной суглинистой почвы, где отмечено его незначительное снижение на 0.07 % и в торфяной почве, используемой в севообороте – на 16.5 %. Та же ситуация наблюдается и в подпахотном горизонте, где содержание гумуса увеличилось во всех исследуемых почвах (на 0.09–0.49 %).

Анализ отношения углерода к азоту в исследуемых почвах за период их эксплуатации (28 лет) показал, что произошли изменения в обогащении гумуса азотом. Если в 1980

году в почвах сельскохозяйственного использования это соотношение изменялось в пределах 7.8–9.7 %, а в почвообразующей породе – 3.5 %, то в 2008 году это соотношение увеличилось и составило от 8.8 до 12.7 %, а в почвообразующей породе – 12.7. Необходимо отметить, что в почвообразующей породе в процессе сельскохозяйственного использования сформировался гумусовый горизонт, мощностью до 15 см.

Одним из важнейших показателей экологического состояния почв меняющегося под действием агротехнических приемов является показатель изменения запасов гумуса и минеральных форм азота в слое почвы 0–50 см. Запасы гумуса в почвах различаются в зависимости от гранулометрического состава: в дерново-подзолистых связносупесчаных почвах максимальные запасы гумуса – 230.7 т/га, в легкосуглинистой – 105.9 и в песчаных – 90.3 т/га. Необходимо отметить, что в песчаных почвах в подпахотном горизонте сосредоточено 27.7 % запасов гумуса, что свидетельствует о его высокой миграционной активности.

Содержание лабильного гумуса приводится в пахотных и подпахотных горизонтах дерново-подзолистых почв на момент уборки картофеля (2008 г.) и изменяется от 0.497 % в легкосуглинистой до 0.996 % в связносупесчаной высокоокультуренной почве. Процент содержания лабильного гумуса от общего гумуса максимален в дерново-подзолистой песчаной почве и составляет – 32.9 %, в торфяной – 41.2 %, что свидетельствует о его высокой миграционной способности. Такая же ситуация наблюдается и в подпахотном горизонте, где содержание лабильного гумуса изменяется от 0.125 до 0.379 %, а в почвообразующей породе – 0.105 %. При возделывании многолетних трав максимальное накопление гумуса в слое 0–50 см наблюдается в торфянисто-глеевой и торфяной почве (табл. 1).

Содержание водорастворимого органического вещества в лизиметрических водах на дерново-подзолистых почвах изменяется от 27.3 мг/л в песчаных до 27.5 мг/л в легкосуглинистой высокоокультуренной почве, в торфяной, используемой в севообороте содержание ВОВ составляет 50.5 мг/л. Максимальные потери водорастворимого органического вещества с просочившимися лизиметрическими водами на дерново-подзолистых песчаных почвах составили 39.5 кг/га, для сравнения потери на торфяной почве – 56.9 кг/га.

Содержание водораствримого вещества в лизиметрических водах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве изменяется также в зависимости от уровня минерального питания от 12.2 мг/л до 16.9 мг/л, при его потерях из слоя почвы (1.0–1.5 м, среднее) от 10.0 кг/га (оптимальные дозы NPK) до 31.1 (высокие дозы NPK) кг/га; соответственно на дерново-подзолистой связносупесчаной, подстилаемой моренными суглинками – в пределах от 12.2 до 14.8 мг/л, при потерях от 22.8 до 31.9 кг/га; на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной, подстилаемой рыхлыми песками – от 12.8 до 34.4 мг/л, при потерях от 38.3 до 54.8 кг/га.

Концентрация водорастворимого органического вещества в лизиметрических водах на дерново-глеевой, торфянисто-глеевой и торфяной почвах, используемых под монокультурой многолетних трав, изменяется в пределах от 30.1 до 65.3 мг/л, при потерях ВОВ с инфильтратом от 52.5 до 119.3 кг/га, табл. 2.

Одним из важнейших показателей экологического состояния почв меняющегося под действием агротехнических приемов является показатели содержания и запасов минерального азота в слое почвы 0–50 см. Определение содержания минерального азота и его запасов в слое 0–50 см в почвенных образцах, отобранных после уборки картофеля, показывает, что: в дерново–подзолистых почвах в зависимости от гранулометрического состава почв содержание минерального азота изменяется от 25.5 мг/кг почвы в песчаных до 44.3 мг/кг в легкосуглинистых почвах, в торфяной (в севообороте) этот показатель составляет 202.5 мг/кг. При этом следует отметить, что нитратная форма азота имеет преобладающее значение, по сравнению с аммонийной. Для всех почв характерен резкий спад содержания минерального азота вниз по почвенному профилю. Например, в слое 0–26 см содержание азота в 1.3–4.3 раза выше, чем в слое 26–50 см. Абсолютные запасы мине-

рального азота в слое 0–50 см на дерново-подзолистых почвах изменяются от 100 кг/га на песчаных до 173.3 кг/га на суглинистых почвах.

Таблица 1. Содержание лабильного органического вещества в пахотных и подпахотных горизонтах дерново-подзолистых (разного гранулометрического состава), дерново-глеевых, торфянисто-глеевых и торфяных почв, 2008 г.

Почва	Содержание лабильного гумуса, %	% лабильного от общего гумуса	Содержание лабильного гумуса, %	% лабильного от общего гумуса, %
	А пах.		A_2B_1	
При возделывании картофеля				
1. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке	0.524	25.6	0.255	43.4
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке (агрозем)	0.500	18.2	0.220	22.3
3. Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1.5–3.0 м)	0.264	19.7	0.105	28.7
4. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 0.75 м моренным суглинком	0.497	27.1	0.180	31.1
5. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с 0.5 м рыхлым песком	0.561	30.6	0.125	40.8
6. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связной супеси, подстилаемой с глубины 0.7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте	0.996	25.5	0.379	49.6
7. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0.3 м рыхлым песком	0.506	25.3	0.185	44.2
8. Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на мощных песках	0.551	32.9	0.290	47.6
9. Торфяная (в севообороте)	8.25	41.2	7.95	39.8
При возделывании многолетних трав				
Дерново-глеевые супесчаные	0.564	21.9	0.564	21.9
Торфянисто-глеевые	2.995	43.4	2.995	43.4
Торфяная	7.949	39.7	7.949	39.7

Таблица 2. Содержание водорастворимого органического вещества и его потери с лизиметрическими водами из дерново-глеевых, торфянисто-глеевых и торфяных почв, 2008 г.

Вариант	Содержание ВОВ, мг/л	Потери ВОВ, кг/га
1.Дерново-глеевые супесчаные, лиз. 17, 18	31.1	52.5
2.Торфянисто-глеевые, лиз. 19, 20	55.2	61.1
3. Торфяная, лиз. 21, 22	65.3	119.3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные данные показывают, что содержание органического вещества, лабильного гумуса и его доля в составе общего гумуса, водорастворимого органического веще-

ства и запасы минерального азота изменяются как от типа почв и их гранулометрического состава, так и от сельскохозяйственного использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М., 1990. – 325 с.
2. *Безуглова О.С.* Гумусовое состояние почв юга России. – Ростов-на-Дону: Издательство СКНЦ ВШ, 2001. – 228 с.

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТУРНЫХ СЛОЕВ ЛЕСОСТЕПНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Л.Н. Плеханова[1], С.А. Григорьев[2]

[1]Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино,
[2]Археологический научный центр г. Челябинска

В современном почвоведении признано, что древнее антропогенного воздействие, будь то окультуривание почв, строительство поселений, пастьба и др. в большинстве случаев ведет к деградации окружающих ландшафтов [2, 3, 4, 5]. В плане индикации древних антропогенных воздействий устойчивыми признаками считаются агрогенные турбации и наличие культурных слоев [1], для последних характерна неоднородность, подщелачивание, обогащение гумусом и фосфором. В степной зоне доля почв, преобразованных человеком с древности, в речных долинах составляет около 1 % [4]. Вместе с тем, деградация современных пастбищ в местах наличия палеоурбаноземов идет быстрее в 3–6 раз, что заставляет обратить особое внимание на состав и свойства палеоурбаноземов, а также на их интеграцию в современный ландшафт в разных природных зонах.

Памятник «поселение Мочище» расположен в лесостепной зоне Челябинской области. Почва сформировалась на суглинистых отложениях подстилаемых слоем сизой глины (на глубине 140–350 см от современной поверхности), которая служит водоупорным горизонтом. Разрезы с 1 по 4 характеризуют антропогенно-преобразованные почвы, включающие в себя горизонт «культурный слой» различной мощности. Разрезы с 5 по 8 являются нестрогой фоновой почвой для поселения, поскольку почва также испытывала антропогенное воздействие. Фоновой почвой является суглинистый языковатый чернозем луговый, с несколькими циклами засоления–рассоления в профиле, реликты которых в виде остаточно-солонцовых структур располагаются на разной глубине в горизонте А1. После того, как население эпохи бронзы оставило поселение, территория подвергалась неоднократной распашке, фиксирующейся в профиле в виде следов плужной подошвы, в горизонтальной проекции в виде неровных борозд. Во всех случаях в толще суглинистого пахотного горизонта на разной глубине имеются остаточно-солонцеватые структуры разного времени формирования. Под пахотным горизонтом лежит непосредственно культурный слой, представленный преимущественно зольником. В пределах поселения сформировались антропогенно-преобразованные почвы представленные палеоурбаноземами с различной степенью трансформации, с новыми горизонтами, встроенными в систему горизонтов естественных почв.

Литологический состав участка характеризуется следующими особенностями. Верхняя часть разрезов (пахотный горизонт) представляет собой большей частью средние суглинки. Здесь определяющее влияние оказывает материал, вовлеченный в распашку, поскольку там, где в распашку был вовлечен материал КС, идет явное облегчение гранулометрического состава (разрез 3) до легкого-среднего суглинка, что характерно для изученных зольников и степной зоны Зауралья. Погребенная почва (в ее нижней сохранившейся части – горизонты [A/B]) вновь утяжеляется, представляя собой средние-тяжелые суглинки.

© Л.Н. Плеханова, С.А. Григорьев, 2009

Таблица 1. Гранулометрический состав почв археологического памятника Мочище.

Горизонт, глубина отбора образца, см	Содержание фракций (мм) в %.							**
	1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01	
Разрез Моч-2-04								
$A_{ПАХ}$ 10–20	20	28	17	11	11	13	35	сс
$КС_{ЗОЛЬН}$ 30–40	4	47	21	11	10	7	28	лс
[A/B]55–70	20	34	6	10	7	23	40	сс
BC 90–100	28	37	3	3	9	20	32	сс
Разрез Моч-3-04								
$A_{Д}$ 0–3	18	31	20	7	14	10	31	сс
$A_{ПАХ}$ 10–20	17	36	17	8	13	9	30	лс/сс
$КС_{([A])}$25–35	13	39	23	6	8	11	25	лс
[A/B] 45–55	27	27	13	4	6	23	33	сс
Разрез Моч-4-04								
$A_{ПАХ}$ 10–20	18	31	17	12	9	12	33	сс
$КС_{ЗОЛЬН}$ 30–40	7	34	28	7	9	15	31	сс
$[A/B]_{ЗАТ}$ 50–70	18	33	10	5	9	25	39	сс
$[A/B]_{ЗАКЛ}$ 50–70	25	31	8	7	7	22	36	сс
Разрез Моч-5-04. Фоновая почва.								
$A_{Д}$ 0–3	18	34	13	8	9	18	35	сс
$A_{ПАХ}$ 10–20	16	29	19	6	14	16	36	сс
A1 30–40	16	30	17	6	9	22	37	сс
A1 45–55	20	32	10	5	11	22	38	сс
[A/B] 65–75	23	32	8	6	8	23	37	сс
[A/B] 85–95	14	36	8	6	6	30	42	сс
BC 110–115	25	34	7	3	10	21	34	сс

** Используется классификация по Качинскому в градации «почвы степного типа почвообразования, красноземы и желтоземы» (Методическое руководство, 1979); сп – супесчаные, лс – легкосуглинистые, сс – среднесуглинистые.

Результаты анализа гранулометрического состава по фракциям позволяют выявить следующие особенности горизонтов изученных почв. *Физический песок.* КС «зольник» в разрезе 2 практически не содержит фракции крупного песка (4 %), и обогащен мелкопесчанистой фракцией (47 %). Сходная ситуация и для КС разреза 4, где соотношение 7 %, и 34 % соответственно. Характерной чертой для КС (по трем разрезам Моч-2, Моч-3 и Моч-4) является увеличение доли фракции крупной пыли до 21–28 %. В фоновой почве соотношения по фракциям составляют 17 %, 30 % и 17 % соответственно. В горизонтах погребенной почвы соотношение изменяется, являясь сходным по всем разрезам, соответственно около 20 % для крупного песка и около 30 % для мелкого песка, и 6–10 % для крупной пыли. *Физическая глина.* Фракции средней пыли (0.01–0.005 %) и мелкой пыли (0.005–0.001 %) больших различий не имеют ни по общему количеству, ни по профильному распределению. Содержание фракция ила (менее 0.001 %) в преобразованных горизонтах разрезов 3 и 4 ровное (10–12–15 %), тогда как в разрезе 2 скачок довольно резкий – с 13 % в пахотном горизонте до 7 % В КС «зольник». То есть данный КС обеднен илистой фракцией, что скажется на его дальнейших свойствах. Содержание илистой фракции в естественных горизонтах выше во всех случаях, чем в преобразованных антропогенной деятельностью, и составляет от 21 до 30 %. Это касается погребенных горизонтов [A/B], и почти всех горизонтов фоновой почвы. Для фоновой почвы отметим увеличение доли илистой фракции книзу с максимумом в нижней части горизонта $[A/B]_{CA}$ (30 %), и дальнейшим резким уменьшением с глубиной (до 21 %).

Содержание гумуса (табл. 2) в изученных почвах высокое, во всех случаях достигает 7–9 % в верхних горизонтах. Падает содержание гумуса плавно, составляя менее 1 % на глубине 1 м. некоторые отличия имеет гумусовый профиль в разрезе 3, где до глубины 40 см (в том числе в КС) содержание гумуса держится на высокой отметке более 8 %. Данный КС является выокогумусированным. Карбонаты в погребенной и фоновой почве гидрогенного происхождения, так как глубина залегания грунтовых вод составляет менее 2 м.

Содержание карбонатов варьирует от 1 до 10 %. *Карбонатный профиль* схож в разрезах 2, 4, и фоновой почве, и характеризуется увеличением содержания вниз по профилю, с максимумом в нижней части горизонтов $[A/B]_{CA}$ до 7 %. В фоновой почве, и до 9.7 % в разрезе 2. Если в фоновой почве содержание в верхних горизонтах практически ровное и составляет чуть больше 1 %, затем резко увеличиваясь во втором полуметре, то в антропогенно-преобразованных слоях содержание карбонатов резко увеличивается уже на глубине 40 см, в КС «зольник», что позволяет считать данный КС карбонатно-обогащенным горизонтом. Исключение из этой картины составляет горизонт AB_{SL}, содержащийся внутри пахотного горизонта разреза 2, где отмечено резкое падение содержания карбонатов (с 8 % до 2.8 %). Иную картину распределения мы наблюдаем в почве разреза 3, где содержание карбонатов в целом невелико, и плавно уменьшается сверху вниз с 2.8 до 1.3 %. Отметим, что в разрезе 4, где образцы горизонта [A/B] брались не из смешанной пробы, а по отдельности из затеков и карманов, в гумусированных затеках содержание резко уменьшается до 1.7 %, тогда как если распределение по профилю строить без учета такого отбора, максимум карбонатонакопления будет составлять более 6 %, и охватывать указанный горизонт. Согласно распределению почвенных горизонтов в зависимости от гранулометрического состава почвы видна четкая зависимость карбонатонакопления от гранулометрического состава. *Гипсовый профиль* сходен с карбонатным (разрезы 2 и 5), при низких значениях содержания гипса (менее 0.2 %) в фоновой почве. *Реакция среды* на всю глубину профилей лежит в щелочной области, изменяясь от 7.60 до 9.40. Величины pH увеличиваются с глубиной. Верхние горизонты почв относятся к слабощелочным, а нижние к сильнощелочным. Резкий скачок отмечается в разрезе 2 (7.9–9.2) в горизонте КС «зольник». В разрезе 3 картина вновь нехарактерная – pH в горизонте КС уменьшается с 8 до 7.6, и глубже вновь поднимается до отметки 8.0.

Таблица 2. Химический состав почв поселения Мочище.

Горизонт, глубина отбора, см	pH водн	Гумус	$CaCO_3$	$CaSO_4$	Fe_2O_3 По Тамму	P_2O_5 По Мачигину
		%				Мг-экв/100 г.почвы
Разрез Моч-2-04						
$A_Д$ 0–5	7.85	8.03	8.22	–	–	17.84
$A_{ПАХ}$ 10–20	7.90	8.50	2.79	0.576	0.50	18.64
$КС_{ЗОЛЬН}$ 30–40	9.20	3.62	9.07	0.497	0.45	10.65
[A/B]55–70	9.50	1.62	9.70	0.873	0.34	10.92
BC 90–100	9.60	0.57	4.52	0.042	0.31	6.12
Разрез Моч-3-04						
$A_Д$ 0–3	8.10	9.17	2.79	–	–	13.85
$A_{ПАХ}$ 10–20	8.10	9.09	2.36	–	0.42	11.98
$КС_{([A])}$25–35	7.60	8.79	1.50	–	0.45	7.72
[A/B] 45–55	8.00	3.05	1.30	–	0.45	6.92
Разрез Моч-4-04						
$A_{ПАХ}$ 10–20	8.60	7.07	2.79	–	0.45	15.18
$КС_{ЗОЛЬН}$ 30–40	8.65	4.21	6.48	–	0.45	15.98
$[A/B]_{ЗАТ}$ 50–70	9.00	2.29	1.73	–	0.53	5.32
$[A/B]_{ЗАКЛ}$ 50–70	9.40	0.76	6.25	–	0.50	5.32
Разрез Моч-5-04. Фоновая почва.						
$A_Д$ 0–3	7.95	7.65	1.93	–	–	6.39
$A_{ПАХ}$ 10–20	7.65	7.07	1.50	0.034	0.54	3.86
A1 30–40	7.70	5.34	1.30	0.087	0.41	0.99
A1 45–55	7.95	4.76	1.50	0.026	0.54	0.86
[A/B] 65–75	8.50	2.57	5.18	0.138	0.54	1.66
[A/B] 85–95	8.70	1.24	6.91	0.191	0.52	1.39
BC 110–115	8.95	0.86	4.75	0.208	0.47	0.40

Выделения легкорастворимых солей в профиле отмечаются в виде пуховых налетов в разрезах 1, 2, 9, расположенных на разной глубине, но не более 40 см. Согласно результатам анализа *водной вытяжки* (табл. 3), сумма солей варьирует, изменяясь от 0.05 % до

0.7 %. Соответственно по группировкам почв присутствуют как незасоленные (разрез3, разрез фоновый), так и слабозасоленные (разрез 4) и среднезасоленные (разрез 2). *Тип химизма* имеет существенные различия. Причем, для трех разрезов, характеризующих антропогенно-преобразованные почвы, в нижних горизонтах преобладают гидрокарбонаты. В фоновой же почве в нижних горизонтах преобладают сульфаты натрия. Форма профильного распределения солей весьма варьирует, представляя собой солончаковую картину для разреза 2, соответствующую выпотному режиму почвы, солонцовое распределение в разрезе 4, и картину, отражающую промывной режим – в фоновой почве. Такая разнородность может быть объяснена не только небольшими гранулометрическими различиями и микрорельефом местности (равно как и удаленностью разрезов ввиду большой площади раскопа), сколько антропогенными преобразованиями с длительной историей освоения данного участка, где сформировалась такая пестрота микроусловий.

Величина *емкости катионного обмена* в фоновой почве лежит в пределах 23–29 мг-экв/100 г, в антропогенно-преобразованных почвах 29–47 мг-экв/100 г. Отметим подавляющее преобладание доли обменного кальция от ЕКО как в фоновой почве, так и в палеоурбаноземах. Отметим резкое повышение доли обменного магния по сравнению с кальцием в фоновой почве глубже 60 см Доля обменного натрия от ЕКО достигает 7 % в нижнем горизонте фоновой почвы к слабонатриевым. Концентрация полуторных *оксидов железа* имеют сходное профильное распределение в фоновой и антропогенно-преобразованных почвах, без выраженных максимумов и тенденций увеличения–снижения вниз по профилю (табл. 2). Значения близки (0.31–0.54) и являются достаточно низкими, чтобы говорить о колебаниях. Распределение *подвижных соединений фосфора* в фоновой почве является биогенным (табл. 2), в атропогенно-преобразованных почвах отмечается резкое увеличение содержания фосфора, что является характерным признаком культурных слоев. Если в фоновой почве содержание максимально в дернине и составляет 6.4 мг-экв/100 г, то в верхних горизонтах антропогенно-преобразованных почв достигает 18.6 мг-экв/100 г., что выше в 3 раза. Необходимо отметить, что верхние горизонты фоновой почвы не могли полностью оставаться за пределами антропогенного воздействия полностью, и эталоном следует считать содержание фосфора не в верхних горизонтах, а глубже 20–30 см, где содержание подвижного фосфора составляет около 1–1.5 мг-экв/100 г. В таком случае разница с содержанием в преобразованных слоях становится весьма значительной.

Итак, палеоурбаноземы поселения «Мочище» характеризуются следующими особенностями. Глубже 40–45 см в разрезах сохранилась нижняя часть погребенной почвы, представленная горизонтом [A/B], языки-трещины которого, являются реликтом эпохи с резко континентальным климатом. В фоновой почве фиксируются языки-трещины двух генераций, иногда вложенные друг в друга, что является свидетельством, как минимум, двухкратного изменения климата в сторону резкой континентальности.

КС «зольник» обеднен крупным песком (4–7 %), и обогащен мелкопесчанистой фракцией (47–34 %). Характерной чертой для КС является увеличение доли фракции крупной пыли до 21–28 %. В фоновой почве соотношения физического песка по фракциям составляют 17 %, 30 % и 17 % соответственно. В атропогенно-преобразованных почвах отмечается резкое увеличение содержания фосфора (до 18 мг-экв/100 г почвы), что является характерным признаком культурных слоев. КС «зольник» данного поселения возможно считать карбонатно-обогащенным горизонтом. Реакция среды на всю глубину профилей лежит в щелочной области. Тип химизма имеет существенные различия. Также описан высокогумусированный КС (более 8 % гумуса), с низким содержанием карбонатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александровский А.Л., Кренке Н.А.* Изучение средневековых пахотных горизонтов в Москве и Подмосковье // Краткие сообщения Института археологии РАН. 1993. №208. С. 20–31.

2. *Ахтырцев Б.П.* О влиянии первобытного человека на почвенный покров в местах стоянок. // В кн. География и плодородие почв. Воронеж, Вор.ГУ, 1973. С. 15–25.
3. *Демкин В.А., Дьяченко А.Н.* Итоги палеопочвенного изучения поселения Ерзовка-I в Волгоградской обл. // Российская археология. № 3/1994. С. 216–222.
4. *Плеханова Л.Н., Демкин В.А.* Древние нарушения почвенного покрова речных долин степного Зауралья. // Почвоведение. № 9, 2005. С. 1102–1111
5. *Сычева С.А., Грибов Н.Н.* Катастрофические изменения ландшафтов в окрестностях Нижнего Новгорода в XIV–XVIII вв.// Экология древних и современных обществ. Доклады конференции. Вып. 2. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2003. С. 90–93.

УДК 631.4

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ НА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЛЯХ

А.В. Прохорова[1], Л.Н. Плеханова[2]

[1]Костромской государственный университет им. Н.А.Некрасова, Кострома

[2]Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино-на-Оке

Рассмотрена сезонная и годичная динамика целлюлозоразрушающей активность бактерий на территории музея-заповедника «Аркаим» как показателя восстановления плодородия после снятия антропогенной нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

Различные типы антропогенного воздействия на почву изменяя условия существования почвенных целлюлозоразрушающих микроорганизмов, могут нарушать нормальное протекание в почвах процессов микробной трансформации, а следовательно, и круговорот углерода. Такие изменения являются одним из основных негативных последствий антропогенного воздействия на биоту. Целлюлазная активность почв является удобным обобщенным показателем антропогенной нарушенности экосистемы, так как целлюлоза разрушается в почве представителями разных систематических групп микроорганизмов – от грибов до аэробных и анаэробных бактерий.

В прошлом почвы заповедника «Аркаим» испытывали воздействие атропогенных факторов, связанных с сельскохозяйственной деятельностью (внесение минеральных удобрений, обработка почвы, орошение, эрозия, проведение рубок, выпас скота, пожары, рекреационное использование и т.д.), которые могли повлиять на структуру и функционирование почвенной биоты вследствие резкого снижения ее гумусированности.

Целью настоящей работы является изучение сезонной и многолетней динамики разложения целлюлозы как показателя восстановления биологической активности почвы после антропогенных воздействий.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

На территории заповедника имеются массивы пахотных черноземных почв, распаханных в 60-е гг XX века и переведенные в залежи в связи с введением заповедного режима (незадолго до заповедования земель, на некоторых залежах были посевы многолетних трав, и геоботанически массивы этих земель являются лугами). Так, на залежи площадки 2 возраст эспарцетового луга к моменту начала исследований составлял около 18 лет, залежь площадки 4 за два года до введения заповедного режима была залужена кострами, на время заложения опыта он составлял 12 лет. Именно на залежах целесообразно разместить ста-

© Прохорова А.В., Плеханова Л. Н., 2009

ционарные площадки мониторинга с целью проследить динамику восстановления биологической активности почв после антропогенного (сельскохозяйственного) воздействия.

Исследования проводятся с 1999 по настоящее время на 4 стационарных площадках для каждого срока экспозиции в пяти повторностях. Определение целлюлазной активности проводилось на основе учета остаточного количества нерасщепленной целлюлозы (аппликационный метод). В слой 0–20 см закладывали стерильные льняные полотна на срок, близкий к длительности всего вегетационного сезона. В 2001 г. исследовали также слой 20–40 см. Учитывались климатические показатели (температура воздуха, влажность). Данные получены на метеорологической станции.

Для изучения почвенного профиля были сделаны почвенные разрезы глубиной от 1 м до 2 м (в зависимости от строения почвы).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Современные геоботанические описания растительности на площадках стационарного мониторинга позволяют говорить о том, что растительность залежи залуженной эспарцетом 18 лет назад (площадка 2) по своему видовому составу и сложению близка к естественной растительности, есть небольшие отличия лишь по проективному покрытию площадок (на залежи этот показатель ниже). Состояние же залежи залуженной костром (площадка 4) является стабильным в течение 12 лет даже в связи с введением заповедного режима – практически чистый (с редким вкраплением сорных растений) костровый луг, тогда как на целине мы видим разнотравно-ковыльную степь.

Площадки мониторига 1 и 2 расположены на черноземе обыкновенном супесчаном под разнотравноковыльной степью (целина, площадка 1), строение почвы (в скобках приведена нижняя граница горизонта, см):АД (5); А1(27); АВ (38–42); В (90–130); Вса (150); ВС (170↓), под разнотравно-ковыльным лугом (залежь, возраст 18 лет, площадка 2), строение почвы: АПАХ (А+АВ) (20–25); АВ (32); В (65–100); Вса (135); ВС (180↓), причем, в целом участок является нестабильным, происходит смыв–намыв или развевание–навевание вещества. Площадки 3 и 4 расположены на черноземе обыкновенном маломощном суглинистом (раннеплейстоценовые озерные свиты) под разнотравно-ковыльной степью (целина, площадка 3), строение почвы: АД (4); А1 (30); АВСа (75); ВС (95↓), и под костровым лугом (залежь, возраст 12 лет, площадка 4), строение почвы: АД(4); А1(35); АВ (100); ВС (120↓).

Почвы площадок 1 и 2 являются практически идентичными, расстояние между площадками не превышает 100 м. Все это позволяет сравнивать данные о растительности и биологической активности почв этих площадок между собой.

Особенностью почвы площадки 2 является то, что здесь не менее 10 см верхнего горизонта дефлировано при введении в пашню и активном сельхозиспользовании. Это подтверждается суммарной мощностью горизонтов (А+ АВ) которая для площадки 1 составляет 40 см, для площадки 2 составляет 30 см, повышенным значением χ (магнитной восприимчивости почв) для гор. АПАХ (1.77·10–6 СГСЕ) по сравнению с Ад (0.95·10–6 СГСЕ) и А1(1.38·10–6 СГСЕ), а также легким механическим составом почвы (супесчаным до гор. Вса, глубже – песчаным) и свидетельствует о подпахивании горизонта АВ при распашке чернозема; подпахивание отражено и в строении профиля – наличие «плужных подошв» на глубине 20–25 см.

Почвы площадок 3 и 4 имеют отличия: 1) по характеру карбонатных новообразований – площадка 3 – шаровидные мелкие (до 1 см) конкреции, вскипание бурное с поверхности; площадка 4 – карбонатные новообразования отсутствуют, вскипание от 10 % HCl местами в дернине и далее слабое по всему профилю; 2) по мощности гумусированного горизонта – площадка 3 – (А+АВСа) – до 75 см, площадка 4 – (А+АВ) – до 100 см, причем без четких переходов; 3) причиной формирования горизонта АД является длиннокорневищность костров; горизонт слабо отличается от нижележащего.

В первый год заложили опыт на срок 60 и 90 суток, и, исходя из результатов первого сезона, пришли к выводу, что у нас целесообразно уменьшить срок первого снятия полотен

(до 30 суток). Опыт закладывался на всех площадках в пяти повторностях для каждого срока изъятия полотен. Закладка производилась в июне, снятие полотен производилось в 1999 году в конце сентября, в 2000 году в начале сентября. В 2001 г. закладка полотен производилась 4 мая, снятие 22 июня (срок I – 50 сут.), 13 июля (срок II – 70 сут.), 9 августа (срок III – 90 сут.), 5 сентября (срок IV – 115 сут.). Данные по разложению целлюлозы представлены в табл. 1.

Результаты опыта обработаны с помощью факторного дисперсионного анализа с использованием программы ANOVA/ COHORT. После 50–60 суток экспозиции опыта целлюлазная активность черноземов стабилизируется и остается примерно на одном уровне, собственном для почв каждой площадки; на целинных площадках разложение в слое 0–20 см выше, чем на залежах. Активность микробных сообществ эспарцетового луга на поздних сроках экспозиции выше, чем на целине(1999 г. 90 сут. – 67 % и 53 % соответственно; 2000 г., 82 сут. – 72 % и 70 %; 2001 г. 90 сут. – 50 % и 31 %) микробиологическая активность залежей не доходит до величины целинных показателей даже после более чем десятилетнего снятия антропогенной нагрузки; в целом в течение сезона 2000 года климатические условия обеспечили более высокую целлюлазную активность черноземов по равнению с сезоном 1999 года (например, на целине (площадка 1) к концу экспозиции опыта 1999 г. разложилось 55 % полотна, а к концу опыта 2000 г. разложилось 70 % полотна) и сезоном 2001 года.; на залежи площадки 4 для экспозиции 60 суток (сезон 1999 г.) отмечена высокая для этой площадки целлюлазная активность, по-видимому, отражающая микропятнистость распределения микробных сообществ; второй в течении сезона (осенний) пик целлюлозоразрушающей активности микроорганизмов зафиксировать не удалось.

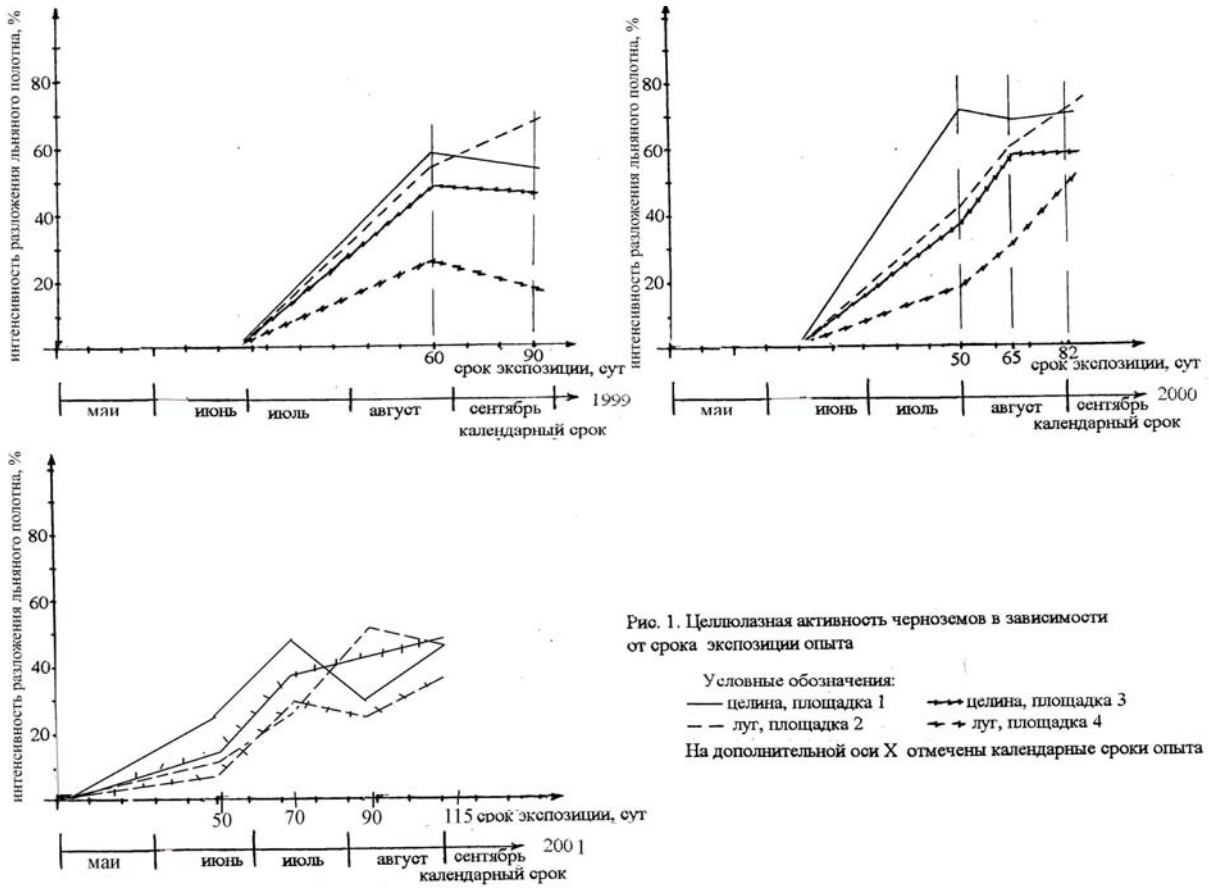


Рис. 1. Целлюлазная активность черноземов в зависимости от срока экспозиции опыта

Рисунок 1. Целлюлазная активность черноземов на глубине 0–20 см в зависимости от срока экспозиции опыта.

Таблица 1. Результаты определения целлюлазной активности.

№	Вариант	глубина, см	% разложившейся целлюлозы (среднее по 5 повторностям)									Скорость разложения полотна (% в сутки)			
экспозиция, сут/ сезон			1999		2000			2001				средн 1999	средн 2000	средн 2001	за 3 сезона
			60	90	50	65	82	50	70	90	115				
1	целина	0–10	28	28	38	40	41	33	48	26	46	0.39	0.63	0.51	0.51
		10–20	30	25	33	28	29	24	46	37	47	0.39	0.48	0.49	0.45
		0–20	58	53	71	68	70	28	47	31	46	0.76	1.11	0.50	0.79
		20–30						22	28	35	37			0.39	
		30–40						19	20	50	33			0.38	
		20–40						20	24	43	35			0.38	
		0–40						24	36	37	41			0.44	
2	залежь	0–10	30	34	24	28	36	8	19	51	42	0.43	0.45	0.34	0.41
		10–20	24	33	19	32	36	14	29	50	49	0.38	0.44	0.42	0.41
		0–20	54	67	43	60	72	11	24	50	46	0.82	0.88	0.38	0.69
		20–30						21	36	59	63			0.54	
		30–40						5	22	49	51			0.35	
		20–40						13	29	54	57			0.44	
		0–40						12	27	52	51			0.41	
3	целина	0–10	27	24	18	24	29	17	32	44	37	0.36	0.36	0.40	0.37
		10–20	21	22	20	34	29	10	40	45	56	0.30	0.43	0.44	0.39
		0–20	48	46	38	58	58	13	36	44	47	0.65	0.79	0.42	0.62
		20–30						28	36	38	38			0.46	
		30–40						23	23	34	49			0.39	
		20–40						25	30	36	43			0.43	
		0–40						19	33	41	45			0.43	
4	залежь	0–10	13	9	9	15	24	5	18	16	34	0.16	0.23	0.21	0.20
		10–20	13	9	11	16	25	6	37	34	28	0.16	0.26	0.32	0.25
		0–20	26	18	20	31	49	6	28	25	31	0.31	0.49	0.26	0.35
		20–30						7	36	36	33			0.33	
		30–40						8	24	47	39			0.35	
		20–40						8	30	42	36			0.34	
		0–40						7	29	33	33			0.30	

ВЫВОДЫ

1. По состоянию растительности сообщество залежи, залуженной эспарцетом приближается к состоянию естественного фонового целинного сообщества. Состояние залежи, залуженной кострами является стабильным и соответствует костровому лугу.
2. Слой 0–20 см действует как единое целое.
3. Целлюлозолитическая активность почв слоя 0–20 см выше на целине, чем на залежах (активность микробных сообществ эспарцетового луга на поздних сроках экспозиции выше, чем на целине), микробиологическая активность залежей в среднем не доходит до величины целинных показателей даже после более чем десятилетнего снятия антропогенной нагрузки.
4. Пики целлюлозоразрушающей активности отмечены в июле и в конце августа – начале сентября на всех площадках.
5. Разложение на залежах на поздних сроках экспозиции и по средней скорости интенсивней на глубине 20–40 см, тогда как на целине интенсивность во всех случаях выше в слое 0–20 см.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Еремченко О.З.* Природно-антропогенные изменения солонцовых почв в Южном Зауралье. - Пермь: Пермский госуниверситет. 1997. - 319 с.

2. *Зайков В.В.* Геологическое строение и полезные ископаемые района музея-заповедника «Аркаим». » // в кн. Природные системы Южного Урала: Сб.науч. тр./ под ред. Л.Л. Гайдученко. Челябинск: Челяб. Гос. Ун-т, 1999. С. 5–37.
3. *Иванов И.В.* Аркаим – ландшафтно-исторический заповедник. Проблемы и феномены.// Аркаим: Исследования. Поиски. Открытия / Науч. ред. Г.Б. Зданович. Челябинск: Творч. об-ние «Каменный пояс». 1995. С. 9–21.
4. *Иванов И.В., Манахов Д.В.* Структура почвенного покрова черноземных степей Зауральского плато (на примере заповедника "Аркаим")// Почвоведение. 1999. N 8. С. 958–969.
5. *Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А.* Основные геолого-палеоэкологические события конца позднего плейстоцена и голоцена на восточном склоне Южного Урала // в кн. Природные системы Южного Урала: Сб.науч. тр./ под ред. Л.Л. Гайдученко. Челябинск: Челяб. Гос. Ун-т, 1999. С. 66–104.
6. *Манахов Д.В., Плеханова Л.Н., Иванов И.В.* Отражение многовековых процессов сползания почвенно-грунтовых масс (крип) в профиле почв холодной почвенно-климатической фации // Тезисы докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов (11–15 июля 2000 г, Суздаль). Кн. 3, М. 2000, С. 60–61
7. *Плеханова Л.Н., Иванов И.В.* Инверсионные соотношения почвенно-растительного покрова и микрорельефа в степной зоне // В сб. «Степи Северной Евразии: стратегия сохранения природного разнообразия и степного природопользования в XXI веке (материалы международного симпозиума) Оренбург, 2000, С. 311–312
8. *Почвенный и биотический мониторинг* заповедных экосистем. М.: КМК Scientific Press LTD, 1996, 105 с.
9. *Рылова Н.Г., Степусь Н.Ф.* Изменение целлюлазной активности почв в результате загрязнения тяжелыми металлами//Вестник удмуртского университета. Биология. 2005. №10 С.65–70.

УДК 631.41

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ОПЫТНОГО ПОЛЯ ТАТНИИСХ

Л.Ю. Рыжих

Казанский государственный университет им. В. И. Ульянова-Ленина

В данном исследовании проводился поиск выбора оптимального метода определения P и K почв Волжско Камской лесостепи. Были использованы три метода определения фосфора и калия: А. Т. Кирсанова, Ф.В. Чирикова и универсальный метод Эгнера-Рима-Доминго. Также стояла задача установления корреляционной зависимости содержания фосфора, калия и емкости катионного обмена от гумуса.

ВВЕДЕНИЕ

Серые лесные почвы – широко распространенное образование почвенного покрова лесостепной зоны (Ахтырцев, 1979) Обычно они формируются на лессовидных пылеватых суглинках, которые во многом определяют их свойства (Винокуров, Колоскова, 1962). В пределах же Волжско-Камской лесостепи, где проводилось настоящее исследование, в качестве почвообразующих пород в большинстве случаев выступают остаточные и перемещенные продукты выветривания верхнепермских известковых пород. Мощность полностью выщелоченной части толщи колеблется и определяет потенциальные предпосылки для отделения серых лесных почв от дерново-карбонатных.

Исторически сложившиеся контуры существующих полей к настоящему времени нередко включают в себя оба названных типа почв, контуры которых имеют прихотливую форму. В связи с этим возникают большие методические трудности в объективном определении потребностей и необходимых объемов внесения основных элементов питания культурных растений.

© Л. Ю. Рыжих, 2009

Как известно, существующие отечественные методы определения доступных для культурных растений основных элементов питания разработаны для почв с pH <7 и pH>7. Использование же обоих методов на одном поле предполагает в качестве необходимой меры знание площадного соотношения этих почв в составе поля.

Цель исследования. Путем сопоставления результатов методов определения доступных форм элементов питания, применяющимися в практике агрохимической службы Республики Татарстан для кислых почв с результатами определения универсального западноевропейского метода, оценить достоинства и недостатки каждого из них под углом зрения возможностей применения к специфическим серым лесным почвам Республики Татарстан.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Парующееся поле (20 га) опытного хозяйства научно-исследовательского института сельского хозяйства Республики Татарстан (ТАТНИИСХ), располагающееся в 20 км от г. Казани на водоразделе р. Волга – Меша. Хорошо окультуренные серые лесные почвы, сформировавшиеся на желто-бурых продуктах выветривания верхнепермских известняков.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Отбор образцов почв с исследуемого поля осуществлялся двумя способами:

а) стандартным методом, использующимся государственной агрохимической службой (смешанный образец с элементарного участка 20 га),

б) экспериментальным методом, предусматривающим отбор 20 индивидуальных образцов с той же площади (по диагонали поля через заданные отрезки).

Отобранные из пахотного горизонта образцы готовились к анализу стандартным методом. Каждый отобранный образец анализировался на содержание P и K тремя методами, использующимися в практике агрохимического обследования почв: а) методом А. К. Кирсанова (метод 1), использующегося для кислых и сильнокислых почв; б) методом Ф.В.Чирикова (метод 2), применяющегося для кислых и нейтрально-кислых почв; в) методом Эгнера-Рима-Доминго (метод 3), позволяющего применение, как для кислых, так и для щелочных почв.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты определения $pH_{(H20)}$ показывают, что реакция среды колеблется от слабокислой (5.94) до слабощелочной (7.06), что свидетельствует о вероятности появления в составе почвенного покрова дерново-карбонатных почв и, следовательно, вероятных трудностях в объективной оценке потребности почв в необходимости внесения удобрений.

В табл. 1. представлены результаты определения содержания доступных для культурных растений форм фосфора и калия.

Полученные результаты обработаны с использованием стандартных статистических методов: описательной статистики и сравнения среднего арифметического с теоретически предполагаемым по t_p – Стьюденту. Полученные выборки подвергались предварительной очистке с помощью выбраковки сомнительных дат (ι_{v1} и ι_{vn}). Выбраковки сомнительных дат по методу Кирсанова в определении фосфора подверглись 6, 7, 8, 9, и 17 образцы. В данных образцах наблюдалось минимальное содержание фосфора, что может быть связано с неравномерным внесением удобрений или с методической ошибкой. А выбраковки сомнительных дат по методу Чирикова также в определении фосфора подверглись 11, 12, 13, 14 и 15 образцы. В них наблюдалось максимальное значение фосфора, что может быть связано также с вышеназванными причинами. В параллельных определениях калия по методам Кирсанова, Чирикова и Эгнера-Рима-Доминго не наблюдается сильного варьирования дат внутри самих методов.

Таблица 1. Результаты определения содержания доступных форм фосфора и калия в пахотном горизонте серой лесной почвы опытного хозяйства ТАТНИИСХ.

№ образца	Методом А. Т. Кирсанова		Методом Ф. В. Чирикова		Методом Эгнера-Рима-Доминго	
	P_2O_5, мг/100 г	K_2O, мг/100 г	P_2O_5, мг/100 г	K_2O, мг/100 г	P_2O_5, мг/100 г	K_2O, мг/100 г
1	9	13	13	42	32	30
2	5	12	18	18	32	29
3	4	9	11	18	32	30
4	5	10	5	24	32	28
5	2	12	2	33	30	29
6	–*	6	10	11	32	30
7	–	5	12	10	26	28
8	–	13	10	16	26	25
9	–	13	15	22	26	23
10	8	10	18	16	26	29
11	4	7	–	11	32	30
12	4	4	–	6	30	29
13	4	9	–	17	33	25
14	4	7	–	17	33	26
15	9	8	–	17	33	27
16	9	13	26	20	30	30
17	–	6	29	4	33	30
18	4	9	14	14	25	29
19	9	6	13	8	30	29
20	11	6	23	7	30	30

–* проводилась выбраковка сомнительных данных

Таблица 2. Сопоставление результатов описательной статистики полученных выборок.

Стат. параметры	Главные критерии описательной статистики выборок методами							
	1 и 3 по фосфору		1 и 3 по калию		2 и 3 по фосфору		2 и 3 по калию	
	Р	Р	К	К	Р	Р	К	К
Среднее значение, М	6	30	9	28	15	30	17	28
Ошибка среднего, m	0.7	0.6	0.7	0.6	1.9	0.6	2	0.6
Стандартная ошибка	0.71	0.62	0.67	0.46	1.89	0.62	2	0.46
$t_{экс}$	25.3		23.9		7.8		5.7	
t_p	2.03		2.02		2.1		2.1	

Приведенные в табл. 2 данные позволяют сделать суждение, о том что использовавшиеся методы не могут заменять друг друга. Среди использовавшихся методов в определении фосфора и калия наименьшая стандартная ошибка (Р – 0.62, К – 0.46) свойственна результатам, полученным при использовании метода Эгнера-Рима-Доминго, следовательно, он обеспечивает наибольшую сходимость результатов и наиболее предпочтителен для использования на данных почвах.

Таблица 3. Результаты определения гумуса и емкости катионного обмена.

№ образца	ЕКО, мг экв/100 г почвы	Гумус, %
1	34	3.85
2	28	3.30
3	32	2.83
4	38	3.73

В отобранных смешанных образцах были определены содержание гумуса и емкости катионного обмена (табл. 3). Используя приведенные в таблице данные, был проведен и регрессионный анализ зависимости содержания фосфора, калия и ЕКО от содержания гумуса. Для аппроксимации данных были использованы линейные функциональные зависимости. Зависимость содержания фосфора от содержания гумуса описывается уравнением $y = 6.6538x+2.8358$ при коэффициенте регрессии 6.65 и коэффициенте детерминации $R^2=0.5138$, зависимость содержания калия от гумуса – $y = 12.199x–21.807$ при коэффициент регрессии 12.199 и коэффициенте детерминации $R^2=0.63$, а зависимость ЕКО от гумуса – $y = 4.942x+16.011$ при коэффициенте регрессии 4.942 и коэффициенте детерминации $R^2=0.3311$.

ВЫВОДЫ

Среди использовавшихся методов с наилучшей стороны себя зарекомендовал метод Эгнера-Рима-Доминго. Он дает наилучшую сходимость результатов параллельных определений и позволяет успешно его использовать на полях, в состав которых входят почвы как с кислой, так и щелочной реакцией среды

Показано, что содержание фосфора и калия в данных почвах в значительной степени связано с их уровнем гумусированности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимический вестник 2000. № 2.
2. Антропова Н.А. Агрономические условия Татарской АССР. Казань: Изд-во Татиздат, 1959.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970
4. Ахтырцев Б.П. Серые лесные почвы Центральной России. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1979
5. Винокуров М.А. Колоскова А.В. Почвы РТ. Казань: Изд-во Казан. ун-та,1962.
6. Винокуров М.А. Колоскова А.В. Изменение свойств лесостепных почв при окультуривании. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1969
7. Колоскова А.В. Агрофизическая характеристика почв Татарии. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1968
8. Kuo S Phosphorus. In: Sparks DL., Page AL., and Helmke PA et. al. (eds) Methods of Soil Analysis. Part 3 Chemical Methods/ SSSA Book Series no. 5, pp. 869 – 919. Madison, WI: Soil Science Society of America. 1996.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Г.Ф. Копосовым.

УДК 631.432

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В ДЕЛЬТЕ ВОЛГИ

А.П. Сорокин

Астраханский государственный университет

В пределах типичного бугрового ландшафта дельты Волги изучено пространственное варьирование влажности почвы. Показано, что распределение влажности характеризуется значительной пространственной вариабельностью как в пределах ландшафта, так и в пределах одного почвенного типа. Установлено, что на распределение влажности почвы оказывают влияние рельеф территории, почвообразовательные процессы, климатические и гидрологические факторы.

Основу почвенного покрова типичных ландшафтов бугровой части дельты Волги составляют бурые полупустынные почвы, являющиеся зональным автоморфным типом для территории волжской дельты и юго-востока Прикаспийской низменности (Федотова, 2006). Ареалы распространения бурых почв достаточно широки, все возвышенности и бугры Бэра представлены этим типом почв. Бугры Бэра – специфические, присущие лишь для Прикаспийской низменности геоморфологические образования впервые были описаны в 1856 году К. Бэром. Это асимметричные, в виде волн возвышенности высотой от 5 до 25 м, шириной от 500 до 1000 м, а длиной до нескольких км, вытянутые в субширотном направлении. Бугры Бэра формируют особый ландшафт, характеризующийся резким переходом от незасоленных зональных бурых пустынных почв на самих буграх к засоленным почвам и гидроморфным солончакам в межбугровых понижениях. На вершине бугров почвообразование носит автоморфный характер, почвы оторваны от зеркала грунтовых вод и не подвержены их влиянию. Для склонов (при увеличении высоты паводков) влияние поднятия уровня грунтовых вод сопровождается увеличением солей в нижней части профиля и постепенной сменой растительности в сторону солелюбивых видов. Основным экологическим фактором в дельте Волги является засоление почв и любые, даже незначительные изменения водного режима в дельте Волги незамедлительно сказываются на солевом состоянии почвенного покрова (Яковлева, Федотова, 2005). Таким образом, в пределах типичного бугрового ландшафта интерес представляет пространственная вариабельность одного из важнейших свойств – влажности почвы, что и составило цель данного исследования.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- морфологическое изучение почв в пределах ландшафта бугра Бэра;
- изучение пространственной вариабельности влажности почв;
- анализ и интерпретация полученных данных статистическими методами.

В качестве объекта исследований выбран бугор Бэра Большой Барфон с прилегающим ландшафтом, расположенный в восточной части дельты Волги в пределах Астраханской области.

Работы выполнялись серией стационарных и маршрутных наблюдений. Экспедиционные исследования проводились в период низкого стояния уровня воды в водотоках дельты Волги (август–сентябрь). В данной работе для проведения полевых исследований почв был использован метод равномерной сетки (Теории и методы…, 2007). Для этого с помощью GPS-приемника закладывались четыре параллельных почвенно-геохимические профиля (A, B, C и D) от вершины водораздела (бугор) до межбугрового понижения. Проводили нивелирную съемку исследуемой территории, что позволило построить 3D-модель

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 09-04-97002-р_поволжье_а)

© Сорокин А.П., 2009

участка, где указано расположение заложенных почвенных разрезов (рис. 1). Данный метод опробования позволяет детально проанализировать пространственное распределение влаги, как в целом по профилю, так и по каждому типу почв отдельно. Определения влажности почвы проводили по 10-ти сантиметровым слоям традиционным термостатно-весовым методом и на влагомере МХ-50.

Изучение структуры исследуемого ландшафта позволило установить, что основу почвенного покрова бугра Бэра составляют зональные бурые полупустынные почвы, которые в комбинациях с другими типами почв (в основном солончаками луговыми) образуют контрастную структуру почвенного покрова. В данном ландшафте представлены бурые полупустынные почвы вершины бугра, солончаки луговые гидроморфные на шлейфе восточного склона и слаборазвитая луговая дерново-карбонатная почва на шлейфе западного склона, а так же переходные разности.

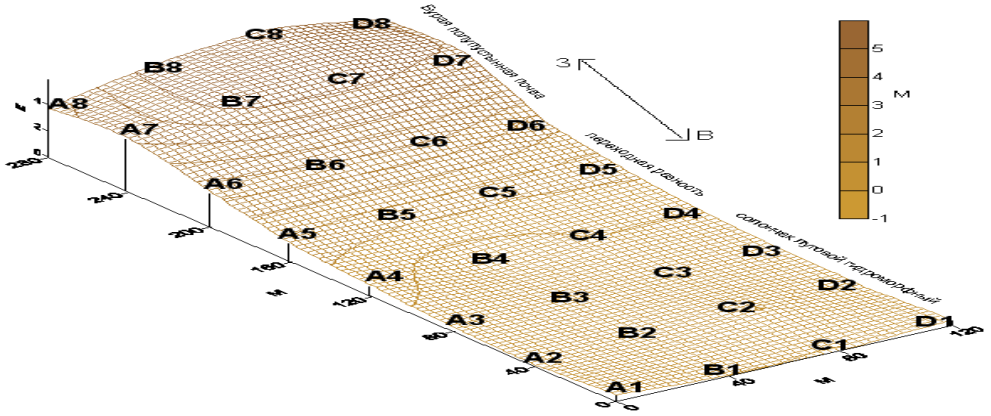


Рис. 1. Схема расположения почвенных прикопок в исследуемом ландшафте (восточная экспозиция)

Установлено что значения влажности почвы варьируют в пределах от 1 до 18 %. В северном направлении, наблюдается уменьшение содержания влаги в почве. При этом минимальные значения приурочены к северной части шлейфа на глубине 0–10 см, а максимальные – в южной части склона на глубине 40–60 см.

Для распределения влажности почвы на вершине бугра отмечено устойчивое увеличение значений с глубиной, причем самым влажным оказался слой 40–50 см, а минимальное значение влажности приурочено к поверхностному слою (0–5 см).

Таким образом, в пределах западной экспозиции бугра величины влажности почвы характеризуются невысокими значениями, но обладают значительной пространственной вариабельностью. Почва на шлейфе бугра обладает большей влагообеспеченностью, но только в пониженных элементах микрорельефа, а в большей части значения влажности варьируют в пределах 3–7 %, как и на вершине бугра. Наибольшей сухостью обладают поверхностные горизонты почв, наиболее подверженные процессам дефляции и характеризующиеся значительным испарением влаги под действием высоких температур воздуха.

Результаты представляли в виде топоизоплет (рис. 2). Для интерполяции был использован метод крикинга.

В пределах катены А восточной экспозиции склона бугра ясно выделены три зоны с повышенными значениями влажности для данного ландшафта, приуроченные к выделенным почвам. В целом отмечено увеличение влажности с глубиной. Величины влажности менее 2 %, как и ранее указано, зафиксированы на поверхности почвы, максимальное (>16 %) – на глубине 40–45 см для солончака лугового гидроморфного. Наиболее влажным оказался слой 35–60 см приуроченный к переходной разности от бурой полупустынной к солончаку луговому гидроморфному. Пространственное распределение влаги по катене В практически идентично катене А. Однако, наиболее увлажненные участки, расположены ближе к вершине бугра. По катене С наиболее влажной является переходная разность, в слое 50–60 см зафиксировано значение влажности более 18 %. Нижние слои бу-

рой полупустынной почвы не отличаются большой увлажненностью (около 12 %). Переходы между типами почв по влажности менее ясные. Наиболее увлажненной почвой в пределах катены D является так же переходная разность. Прослеживается устойчивое уменьшение значений влажности от солончака лугового гидроморфного шлейфа бугра к бурой полупустынной почве с повышением положения в рельефе.

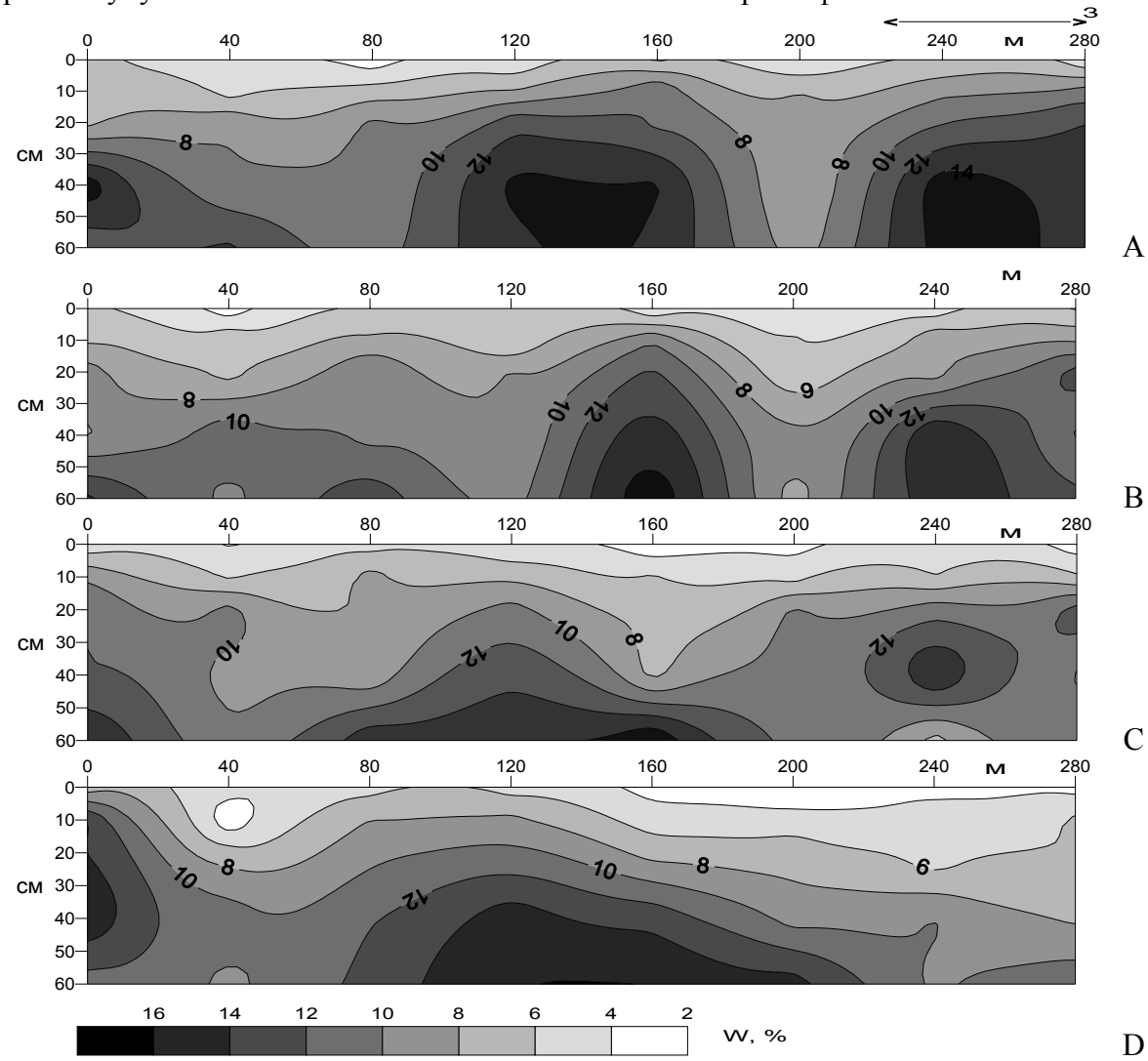


Рис. 2. Пространственное распределение влажности почвы
по катенам восточной экспозиции бугра

Анализ полученных изоплет показал, что в пределах исследованного ландшафта в целом по профилю наблюдается устойчивое увеличение влажности почвы с глубиной. Выделяются зоны повышенного увлажнения, приуроченные в основном к пониженным элементам рельефа в переделах переходной почвенной разности. Изучение пространственного распределения влажности почвы в ландшафте позволяет выявлять переходы между почвенными типами.

Для оценки степени вариабельности влажности почв проведен подробный статистический анализ. С этой целью были составлены выборки значений влажности почвы по результатам экспериментальных определений для выделенных почвенных типов в пределах ландшафта. При этом результаты не сортировались по слоям, учитывались средневзвешенные значения по профилю в пределах каждой почвы. Для четырех выделенных почвенных типов получены следующие статистические показатели (табл.).

Обозначения: W_{max} и W_{min} – наибольшее и наименьшее значение влажности почвы, $\bar{x}$ – среднее значение, med – медиана, S – ср. кв. отклонение, D – дисперсия, kV – коэф. вариации, iv – интервал варьирования, δ – доверительный интервал

Таблица. Основные статистические характеристики варьирования влажности почвы для разных типов почв.

Статистические характеристики	Бурая полупустынная (западный склон)	Слаборазвитая дерново-карбонатная (западный склон)	Бурая полупустынная(восточный склон)	Солончак луговой гидроморфный (восточный склон)
W_{max}	7.94	15.37	16.11	15.86
W_{min}	0.74	1.72	2.36	0.77
$\bar{x}$	4.65	5.10	8.78	8.46
med	4.66	4.00	8.28	8.65
S	1.83	2.97	4.06	4.02
D	3.33	8.79	16.47	16.13
kV	39	58	46	48
iv	7.2	13.65	13.75	15.09
δ	0.53	0.86	1.29	1.29

Наибольшее варьирование влажности почвы характерно для гидроморфных солончаков. Средние значения влажности почвы на восточном склоне выше, чем на западном. Разброс значений относительно среднего наименьший для зональной почвы западного склона (интервал варьирования 7.2 %). Степень варьирования влажности бурых полупустынных почв и солончаков может быть оценена как большая, а для дерново-карбонатной – как очень большая. Такому распределению влажности для дерново-карбонатной почвы шлейфа бугра способствует хорошо развитая дернина, микрорельеф территории и наличие глубоких понижений. Влажность на этих участках значительно выше, что и определяет увеличение интервала варьирования и коэффициента вариации.

ВЫВОДЫ

- Для распределения влажности почвы в пределах бугрового ландшафта дельты Волги характерна значительная пространственная вариабельность. Зоны недостаточного увлажнения (влажность на уровне 1–4 %) приурочены к поверхностному слою почв зонального ряда. С глубиной влажность увеличивается до 14–18 %. Наибольшие величины влажности почвы в пределах исследованного ландшафта приурочены к слою 40–60 см переходной разности от почв зонального ряда к интразональным.
- На пространственное варьирование величин влажности почв в ландшафте оказывает влияние микрорельеф местности, развитие растительности, почвообразовательные процессы, наличие в почвенной толщи гигроскопичных солей и слоев разного гранулометрического состава. Кроме того, для почв околобугрового пространства на распределение влажности оказывает влияние уровень грунтовых вод в конкретный период.
- Установлено, что в пределах 60-ти сантиметровой толщи влажность почвы в целом выше для восточной экспозиции бугра.
- Степень варьирования значений влажности для слаборазвитой дерново-карбонатной почвы наибольшая среди всех исследованных типов почв. Это связано с повсеместным наличием здесь луговой травянистой растительности, нарастанием дернового процесса и влиянием уровня грунтовых вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Федотова А.В.* Почвы восточной части дельты Волги и района Западных подстепных ильменей. – Астрахань: ИД «Астраханский госуниверситет», 2006. – 129 с.
2. *Теории и методы* физики почв/ под ред. Шеина Е.В. и Л.О. Карпачевского. – М.: «Гриф и К», 2007 – 616 с.
3. *Яковлева Л.В.* Солевое состояние почв бугров Бэра в западном и восточном районах дельты Волги / Л.В. Яковлева, А.В. Федотова // Вестник Томского государственного ун-та. - 2005. - № 15. - С. 64–66.

Работа рекомендована д.б.н., зав. кафедрой почвоведения Астраханского государственного университета Федотовой Анной Владиславовной.

УДК 631.46

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ, СООТНОШЕНИЕ ГРИБЫ / БАКТЕРИИ И ПРОДУЦИРОВАНИЕ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (CO_2, N_2O) ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВОЙ ПРИ ЗАРАСТАНИИ ПАШНИ ЛЕСОМ

Е.В. Стольникова, Н.Д. Ананьева

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино

В гумусовом горизонте дерново-подзолистой почвы пашни и постагрогенных ценозов (юная залежь, молодой и коренной леса / Костромская область) определяли углерод микробной биомассы ($C_{мик}$) методом субстрат-индуцированного дыхания, базальное дыхание и нетто-продуцирование N_2O. Рассчитаны запасы $C_{мик}$ и микробного продуцирования CO_2 в 25 см слое почвы, включая и растительную подстилку. Вклад грибов и бактерий в $C_{мик}$ был оценен селективным ингибированием антибиотиками. Сделан вывод о разбалансированности микробных процессов на пашне и при ее зарастании.

ВВЕДЕНИЕ

Вторая половина XX века ознаменовалась широкой распашкой значительной территории России. В последнее же время площадь пашни в России сократилась на 30 миллионов гектаров или примерно на 25 % от посевных земель в 1999 г. Процесс перехода пахотных угодий в залежные и лесные (постагрогенные биогеоценозы) может служить уникальной природной моделью их современного «обратного» преобразования. При этом можно проследить изменения содержания и качества органического углерода почвы ($C_{орг}$), в том числе и его микробной составляющей. И хотя углерод почвенной микробной биомассы ($C_{мик}$) достигает лишь 1–15 % $C_{орг}$, он является показателем его качества и сохранности в почве.

Цель работы – изучить изменение содержания $C_{мик}$, его структуры (отношение грибы / бактерии), микробной дыхательной активности (базальное дыхание, БД) и нетто-продуцирования N_2O в дерново-подзолистых почвах при зарастании пашни лесом. Исследование было сфокусировано также и на оценке производных микробиологических показателей: $C_{мик}$ / $C_{орг}$ и qCO_2 (БД / $C_{мик}$), позволяющих получить дополнительную информацию о состоянии почвенного микробного сообщества.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Были отобраны образцы двух верхних минеральных слоев почвы разных биоценозов и растительной подстилки в лесах (табл.). Субстрат-индуцированное дыхание (СИД) оценивали по скорости начального максимального дыхания микроорганизмов (выделение CO_2) после обогащения почвы / растительной подстилки глюкозой (10 мг / г), рассчитывали $C_{мик}$ (мкг С $г^{-1}$ почвы) = СИД (мкл CO_2 $г^{-1}$ сухой почвы $ч^{-1}$) 40.04 + 0.37 [1, 2]. БД определяли по скорости выделения CO_2 почвой / подстилкой за 24 ч (22°С, 60 % полной влагоемкости, ПВ). Микробный метаболический коэффициент рассчитывали как отношение БД / $C_{мик}$ = qCO_2 (мкг CO_2-С $мг^{-1}C_{мик}$ $ч^{-1}$). Расчет запасов $C_{мик}$ и микробной продукции CO_2 проводили с учетом объемного веса почвы / подстилки. Разделение вклада грибов и бактерий в $C_{мик}$-СИД оценивали методом селективного ингибирования антибиотиками (стрептомицин сульфат и циклогексимид), рассчитывали и коэффициент перекрывания активности антибиотиков, который не должен превышать единицы на 5–10 % [3, 4]. Нетто-продуцирование N_2O почвами измеряли методом газоадсорбционной хроматографии. До начала анализов образцы почвы и растительной подстилки были предынкубированы (при 55 и 250 % ПВ соответственно, 22°С, 7 сут) в полиэтиленовых пакетах с воздухообменом.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-04-00631

© Е.В. Стольникова., Н.Д. Ананьева, 2009

РЕЗУЛЬТАТЫ

По мере развития сукцессии (пашня – юная залежь – леса) происходило увеличение $C_{мик}$, которое было наиболее существенным в верхнем слое почвы по сравнению с соответствующим нижним (табл.). Отношения величин $C_{мик}$ верхнего и нижнего минеральных слоев составили 1.5, 2.2, 2.0, 3.4 и 2.0 для юной залежи, молодого, вторичного и коренного лесов (20, 45, 90 и 450 лет) соответственно. При зарастании пашни происходило и увеличение БД, причем наиболее интенсивно в верхних слоях по сравнению с нижними.

Удельное микробное дыхание (qCO_2) двух минеральных слоев почвы каждого ценоза достоверно не различались, причем их значения были меньше, чем для соответствующей растительной подстилки. Отношение $C_{мик}$ / $C_{орг}$ в почвах составило 1.33–5.42 %. В почве юной залежи и лесах (20, 45, 90 и 450 лет) верхний минеральный слой содержал в 1.4, 1.5, 1.2, 1.7 и 1.5 раз больше $C_{мик}$ в $C_{орг}$, чем соответствующий нижний. Отношение $C_{мик}$ / $C_{орг}$ может служить индикатором доступности органического углерода [5] и указывать на его закрепление микробной биомассой [6]. Увеличение отношения $C_{мик}$ / $C_{орг}$ в ряду пашня – вторичный коренной лес может быть связано с изменением структуры микробной биомассы, а именно увеличением в ней грибной компоненты.

Запасы $C_{мик}$ существенно возрастали в ряду почв и составили 38 ± 3; 47 ± 4; 49 ± 9; 66 ± 8; 93 ± 14; 124 ± 6 г $C_{мик}$ / $м^2$ (слой 25 см, без растительной подстилки) для пашни, юной залежи, молодого (20, 45), вторичного и коренного лесов; а с учетом подстилки его запасы возросли почти в 2; 3 и 5 раза для коренного, вторичного и молодого (45) лесов соответственно. Потенциальная микробная продукция CO_2 (БД) в биоценозах составила 103 ± 18; 136 ± 18; 150 ±18; 213 + 24; 325 ± 36 и 366 ± 26 мг CO_2-C / $м^2$ / ч (слой 25 см, без растительной подстилки) для пашни, юной залежи, молодого (20, 45), вторичного и коренного лесов; а с учетом подстилки продукция возросла также почти в 3; 3 и 5 раза для коренного, вторичного и молодого (45) лесов соответственно.

В предварительных экспериментах была проведена *оптимизация процедуры внесения антибиотиков в почву* для разделения вклада грибов (Г) и бактерий (Б) в $C_{мик}$-СИД, которая заключалась в выборе концентраций антибиотиков (совместное и отдельное внесение) для наибольшего подавления СИД. Подавление СИД почвы двумя антибиотиками составило в наших экспериментах 60–90 % от контроля (без антибиотиков) и этот показатель можно считать более чем удовлетворительным [7]. Вклад грибов в общее СИД исследованных почв составил 58–68 %, а бактерий – меньше, 32–42 %. Соотношение Г / Б было 1.58, 2.04, 1.55, 1.39, 2.25 и 1.86 для пашни, залежи и лесов (20, 45, 90 и 450 лет) соответственно.

На основании полученного отношения Г /Б в почвах микробное дыхание было диагностировано как *грибное и бактериальное*. Вклад грибов в общее продуцирование CO_2 исследуемого ряда почв (гор. A_{nax} / A) составил в среднем около 60 %, однако его абсолютные значения увеличивались при зарастании пашни. Грибное и бактериальное продуцирование CO_2 в почве коренного леса было в 6.3 и 11.4 раза больше соответственно, чем на пашне. Это согласуется с утверждением, что увеличение грибов в почве способствует «секвестированию» (запасанию) почвенного углерода [3].

Нетто-продуцирование N_2O нативной почвой (инкубация 1 сут., 70–80 % ПВ) исследуемого ряда было довольно низким и составило от 0.0006 (пашня) до 0.002 (коренной лес) нг N-N_2O $г^{-1}$ почвы $ч^{-1}$. Обогащение почвы глюкозой способствовало резкому увеличению (на 3–4 порядка) нетто-продукции N_2O, причем эти величины были наибольшими (16–38 нг N_2O $г^{-1}$ $ч^{-1}$) в почве постагрогенных ценозов, а наименьшими (3–7 нг N-N_2O $г^{-1}$ $ч^{-1}$) – во вторичном и коренном лесах. Оказалось, что продуцирование N_2O почвами изученного ряда находится в обратной зависимости от показателя $C_{мик}$ / $C_{орг}$. Следует отметить также, что в почвах естественных экосистем (вторичный и коренной леса) обнаружено высокое содержание $C_{мик}$, отношения Г / Б и $C_{мик}$ / $C_{орг}$, однако скорость нетто-продуцирования N_2O при обогащении доступным углеродом (глюкоза) – низкая. В почве пашни и молодых постагрогенных ценозов величины $C_{мик}$, $C_{мик}$-бактерии, $C_{мик}$-грибы и $C_{мик}$ / $C_{орг}$ существенно меньше, а скорость продуцирования N_2O, напротив, – больше, чем в естественных (ненарушенных).

Иными словами, дерново-подзолистые почвы, нарушенные агроиспользованием и в процессе восстановления, характеризуются, по-видимому, определенной разбалансированностью микробных процессов, приводящих, в свою очередь, к повышенной эмиссии N_2O.

Информации о взаимосвязи между продуцированием N_2O и микробной биомассой, в том числе и ее структурой (грибы / бактерии), довольно мало. Так, показана тесная взаимосвязь ($r = 0.85$) между скоростью продуцирования N_2O (угнетение ацетиленом) и микробной биомассой (метод фумигации-инкубации) 13-ти различных по физико-химическим свойствам почв Канады [8]. В другом исследовании также показано, что высокое содержание грибной биомассы (80 %, прямое микроскопирование) в дерново-подзолистой почве леса соотнесено с высокой скоростью продуцирования N_2O, а в залежном аналоге (грибной биомасса составляла 5 % общей) – с низкой скоростью [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в постагрогенных ценозах дерново-подзолистой почвы происходит накопление углерода микробной биомассы, которое протекает наиболее интенсивно в верхнем слое (10 см) гумусового горизонта. Накопление $C_{мик}$ при зарастании пашни выражено более значительно, чем органического вещества почвы, что может четче индицировать процесс его изменения. Оптимизирована процедура разделения вклада грибов и бактерий в общее субстрат-индуцированного дыхание (биомасса) почвы с помощью антибиотиков. Микробную продукцию CO_2 почвой предложено дифференцировать на эукариотный (грибной) и прокариотный (бактериальный) источники. Определены величины нетто-продуцирования закиси азота нативными и обогащенными глюкозой дерново-подзолистыми почвами разных экосистем. Показана обратная зависимость между отношением $C_{мик}$ / $C_{орг}$ и нетто-продуцированием N_2O в этом ряду почв. Очевидна необходимость дальнейших исследований взаимосвязи между почвенным микробным компонентом и продуцированием почвами парниковых газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сазонов С.Н., Манучарова Н.А., Горленко М.В., Умаров М.М.* Естественное восстановление микробиологических свойств дерново-подзолистой почвой в условиях залежи // Почвоведение. 2005. № 5. С. 575–580.
2. *Anderson J.P.E., Domsch K.H.* A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol Biochem. 1978. V. 10. N 3. P. 215–221.
3. *N.D. Ananyeva, E.A. Susyan, O.V. Chernova, S. Wirth*. Microbial respiration activities of soils from different climatic regions of European Russia // European Journal of Soil Biology. 2008. V. 44. N 2. P. 147–157.
4. *Bailey V.L., Smith J.L., Bolton H.Jr.* Fungal-to-bacterial biomass ratios in soils investigated for enhanced carbon sequestration // Soil Biol Biochem. 2002. V. 34. P. 997–1007.
5. *Сусьян Е.А., Ананьева Н.Д., Благодатская Е.В*. Разделение грибного и бактериального субстрат-индуцированного дыхания с использованием антибиотиков в почвах разных экосистем // Микробиология. 2005. Т. 74. № 3. С. 394–400.
6. *Anderson T.H., Domsch K.H.* Carbon links between microbial biomass and soil organic matter // In: F. Megusar, M. Gantar (Eds.) Perspectives in Microbial Ecology. Slovene Society for Microbiology. Ljubljana. 1986. P. 467–471.
7. *Insam H., Domsch K.H.* Relation between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. // Microbial Ecology. 1988. V. 15. N 2. P. 177–188.
8. *West A.W*. Improvement of the selective inhibition technique to measure eukaryote-prokaryote ratios in soils // J. Microbiol. Methods. 1986. V. 5. P. 125–138.
9. *Drury C. F., McKenney D. J., Findlay W. I.* Relationships between denitrification, microbial biomass and indigenous soil properties // Soil Biol. Biochem. 1991. Vol. 23. N 8. P. 751–755.

Работа рекомендована ведущим научным сотрудником института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, д.б.н. Н.Д. Ананьевой.

Таблица. Местоположение, физико-химические (содержание органического вещества, $C_{орг}$; объемный вес, ρ) и микробиологические (микробная биомасса, МБ; базальное дыхание, БД и микробный метаболический коэффициент, qCO_2) свойства дерново-подзолистых почв разных биогеоценозов южной тайги (Костромская обл., Парфеньевский и Кологривский районы, отбор проб – август 2007).

Экосистема (возраст, лет / h, м) *	Координаты (° с.ш. / °в.д.)	Раститель-ность	Гор.	Мощность, см	$C_{орг}$, %	pH_W	МБ, мкг С / г почвы	$C_{мик}$ / $C_{орг}$, %	БД, мкгCO_2-С / г / ч	qCO_2, мкг CO_2-С / мг $C_{мик}$ / ч	ρ, г/см^3
Пашня / 185	58°40’32 / 43°18’42	овес	$A_{пах}$	0–24	0.69	4.76	149 ± 12	2.16 ± 0.20	0.4 ± 0.07	2.70 ± 0.49	1.03
ЮЗ (7) / 188	58°40’35 / 43°18’33	луг / подрост	A	0–13	0.87	4.95	187 ± 2	2.16 ± 0.27	0.55 ± 0.09	2.94 ± 0.58	1.21
				13–26	0.80	4.64	126 ± 6	1.58 ± 0.11	0.35 ± 0.03	2.77 ± 0.30	1.23
МЛ(20) / 195	58°40’19 / 43°18’18	сосна / береза / ива	A	2–13	1.25	4.69	245 ± 22	1.96 ± 0.21	0.76 ± 0.03	3.12 ± 0.31	1.11
				13–25	0.83	4.67	110 ± 37	1.33 ± 0.45	0.33 ± 0.08	2.99 ± 1.23	1.24
МЛ (45) / 192	58°40’18 / 43°18’20	сосна / ель	A	0–4	н.о.**	н.о.	10423 ± 2026	н.о.	35.03 ± 0.95	3.36 ± 0.66	0.60
				4–10	2.45	4.53	502 ± 25	2.05 ± 0.14	1.67 ± 0.16	3.33 ± 0.36	0.87
				10–16	1.41	4.57	251 ± 40	1.78 ± 0.30	0.80 ± 0.10	3.21 ± 0.64	1.05
ВЛ (90) / 192	58°40’40 / 43°18’23	ельник	A	0–4	н.о.	н.о.	6459 ± 579	н.о.	24.39 ± 2.87	3.78 ± 0.56	0.60
				4–12	1.34	4.34	727 ± 132	5.42 ± 1.02	2.52 ± 0.20	3.32 ± 0.64	1.08
				12–19	0.67	4.51	214 ± 21	3.19 ± 0.35	0.76 ± 0.13	3.55 ± 0.69	1.09
КЛ (450) / н.о.	58°48’08 / 43°59’00	ель / липа	A	0–6	н.о.	н.о.	4258 ± 515	н.о.	17.81 ± 1.35	4.18 ± 0.60	0.60
				6–14	2.52	4.30	755 ± 34	3.0 ± 0.20	2.34 ± 0.09	3.10 ± 0.19	1.03
				14–22	1.87	4.30	369 ± 18	1.97 ± 0.14	1.03 ± 0.11	2.79 ± 0.33	1.05

* ЮЗ, юная залежь; МЛ, ВЛ и КЛ, молодой, вторичный и коренной леса; h, высота над уровнем моря;

** н.о., нет определения

УДК 631.452.001.72:631.12

ОПЫТ СОПОСТАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ АГРОКАТЕНЫ (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

М.В. Селеменева

Санкт-Петербургский государственный университет

На основании анализа фактического материала проведено сопоставление оценок почвенного плодородия пахотных почв агрокатены склона северной экспозиции Клинско-Дмитровской гряды с использованием государственной кадастровой, почвенно-экологической и эколого-экономической (новая версия государственной кадастровой оценки) методик.

Объектами исследования послужили антропогенно-преобразованные почвы девяти опорных разрезов четырех ярусов агрокатены Клинско-Дмитровской гряды Московской области. Морфолого-генетический анализ почв и их классификационное положение были проведены ранее (Русаков и др., 2006; Селеменева, Юрьева, 2007). Проведена сравнительная бальная и стоимостная оценка почв по трем методикам.

Существующие в настоящее время в Российской Федерации подходы к оценке стоимости почв и земель ориентируются, прежде всего, на экономическую целесообразность использования земельного участка и, в меньшей степени, отражают характеристики почв. Такой подход заложен и в государственной кадастровой оценке сельскохозяйственных угодий РФ (2002 г.), которая несет, в первую очередь, рыночный характер, слабо учитывая почвенно-экологические принципы. В то же время, почвенно-экологическая оценка с использованием почвенно-экологических индексов (по И.И. Карманову, 1991 г.), отражающая и оценивающая «национальное богатство» почв, не учитывает такие экономические показатели, как, например, урожайность, стоимость валовой продукции, окупаемость затрат. Новая версия государственной кадастровой оценки (2008 г.), охватывающая одновременно экономические и почвенно-агрохимические показатели, основывается на учете потенциального, а не фактического плодородия. По этой причине разница в оценке почвенного плодородия между почвами на низком таксономическом уровне сглаживается.

В настоящее время в РФ существуют различные методы определения ценности почв и земель, однако, не существует общепризнанных методов расчета, свободных от недостатков и спорных положений. Так, стоимость почв по методике государственной кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий РФ (Государственная кадастровая оценка..., 2000) исходит из экономической целесообразности использования земельного участка, а не почвенно-агрохимических показателей. Почвенно-экологическая оценка с использованием почвенно-экологических индексов (Карманов и др., 1991), наоборот, отражает почвенную составляющую оценки плодородия земель при отсутствии учета экономических показателей. Соответственно, возникает вопрос о целесообразности использования той или иной методики для оценки почвенного плодородия с учетом их природных достоинств, что является нашей актуальной задачей.

Для анализа наиболее распространенных, применяемых в настоящее время методик оценки почвенного плодородия был проведен расчет баллов бонитета и стоимости пахотных почв на примере почв девяти опорных разрезов агрокатены склона северной экспозиции Клинско-Дмитровской гряды Московской области (агроземы, агродерново-подзолистые почвы, агростратоземы, агроабраземы). Почвенные разрезы были приурочены к сопряженным геоморфологическим уровням (ярусам) рельефа, где сформированы поверхности с абс. отм. 130–140 м (I ярус рельефа), 145–160 м (II ярус), 165–170 м (III ярус) и > 180 м (IV ярус) (Селеменева, 2008, 2009). Исследованная агрокатена Клинско-

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 08-04-00190).

© М.В. Селеменева, 2009

Дмитровской гряды, входящей в состав Смоленско-Московской возвышенности, пересекает поверхности позднеплейстоценовых террас. Ярусы агрокатены различаются по почвообразующим породам, в качестве которых выступают бескарбонатные покровные суглинки, бескарбонатные покровные слоистые суглинки, озерно-ледниковые пески и супеси, озерно-ледниковые глины. Изученная территория издавна подвержена интенсивному антропогенному воздействию: история пахотного земледелия насчитывает здесь не менее 1000 лет (Русаков и др., 2006).

Оценка агропочв данной территории проводилась с использованием методик: государственной кадастровой оценки 2000 г, эколого-экономической оценки (новая версия государственной кадастровой оценки) 2008 г, почвенно-экологической оценки с использованием почвенно-экологических индексов 1991 г. Кратко остановимся на сути этих методик.

Почвенно-экологическая методика основана на расчете почвенно-экологических индексов (ПЭи), разработанных И.И. Кармановым (Карманов и др., 1991), которые отражают в относительных величинах (индексах или баллах) комплекс природных (экологических) условий территории, ее «общую» пригодность для возделывания сельскохозяйственных культур. С помощью дополнительных коэффициентов эти индексы могут быть пересчитаны в баллы бонитета для конкретных сельскохозяйственных культур. Значение ПЭи определялось почвенным индексом (учитывается плотность сложения, полезный объем почвы (механический состав), гидроморфизм, содержание гумуса), агрохимическими показателями (содержание оксидов фосфора, калия, реакция среды) и климатическим показателем. Наши исследования показали, что среди почвенной компоненты определяющую роль в сильной вариации значений ПЭи сыграл показатель механического состава, среди агрохимической составляющей – содержание подвижных форм калия, фосфора, pH.

Но, несмотря на то, что ПЭи в целом правильно отражают состояние почвенного плодородия и методика его оценки технологически достаточно проста, результаты проведенных нами исследований позволили выявить некоторые недостатки:

1. Методика не учитывает экономические параметры оценки почв, что делает ее неприменимой для практических целей в сельском хозяйстве. Стоимость почв, рассчитанная по данной методике, не зависит от полученной урожайности, произведенных затрат на производство, полученных доходов, учет которых необходим не только для текущих целей, но и для прогнозирования доходов и планов ведения сельского хозяйства.

2. Расчет стоимости почв производится на основе тарифных категорий, подготовленных в 1991 г. Соответственно, стоимость почв, основанная на таких тарифных категориях, не будет соответствовать настоящему уровню цен. Необходимо постоянно вносить поправки в сетку тарифных категорий в зависимости от реальной экономической ситуации.

3. При подразделении почв по механическому составу в качестве почв на двучленных отложениях выделяются только те, у которых мощность супесчаных отложений, подстилаемых суглинками и глинами, (объект исследования) не превышает 0.15 м. В изученных нами почвенных разрезах, сформированных на двучленных отложениях (супеси на суглинисто-глинистых отложениях), наблюдается зависимость свойств почв от глубины подстилания глины. При сравнении аналогичных почвенных горизонтов на одинаковой глубине проявляется следующая закономерность: почвы с меньшей мощностью супесчаной толщи характеризуются лучшими показателями свойств на фоне почв, у которых подстилаемая порода находится на большей глубине. Поэтому, было бы целесообразно учитывать двучленный характер пород при их смене на глубине более 15 см вплоть до 1 м.

4. В почвенно-экологической оценке почв при подразделении почв по дополнительно учитываемым свойствам не указываются конкретные параметры, по которым можно было бы отнести почву к данному подразделению. Например, определение степени смытости почв (слабо-, средне-, сильносмытые) носит субъективный характер, т. к. существу-

ет несколько классификаций почв по этому признаку (определение степени смытости почв по доле потери гумусового горизонта, по уменьшению запасов гумуса в почве).

5. В таблице для определения коэффициента на кислотность почвы между графой «слабокислая» (pH 5.5–6.5 согласно общепринятой классификации) и «нейтральная» (pH 6.5–7.0) реакция почв расположена графа «близкая к нейтральной» реакция почв. Отсюда не совсем ясно, что понимается под определением реакции почвы «близкой к нейтральной», либо эта реакция больше 7, либо классификация кислотности почв в данной методике оценки почвенного плодородия отличается от общепринятой.

6. Для определения коэффициента на отклонение содержания гумуса от средней величины требуется показатель содержания гумуса исследуемой почвы. Однако среди изученных нами почв встречались почвы с несколькими гумусовыми горизонтами. Кроме этого, содержание гумуса в одном пахотном горизонте на разной глубине сильно отличаются друг от друга. Из этого следует, что было бы целесообразно указать в методике почвенно-экологической оценки, какое содержание гумуса требуется для расчетов – среднее во всей пахотной толще или только в ее верхней части. Возможно, следует перейти от показателя содержания гумуса в почве к показателю его запасов, ведь в последнем учитываются сразу и плотность сложения пахотного горизонта и его мощность.

При *государственной кадастровой оценке сельскохозяйственных угодий РФ (2000 г.)* показатели состояния/качества собственно почв практически не используются для экономической оценки земельных участков.

При государственной кадастровой оценке почв расчет баллов бонитета осуществляется по баллам отдельных свойств: мощности органогенного горизонта, содержанию гумуса, содержанию физической глины. В данной методике, также, учитывается влияние кислотности (щелочности) на плодородие почв в показателях pH. Рассчитываются поправочные коэффициенты к совокупному баллу бонитета по трем бонитировочным признакам (Государственная кадастровая оценка..., 2000). Кроме этого, в методике учитываются такие негативные признаки почв, как степень проявления эрозии, щебнистость, каменистость, гидроморфизм, засоление. Однако вышеперечисленные параметры рассматриваются лишь в качестве влияющих на энергоемкость или гумусированность, мощность гумусового горизонта (степень эрозии), а не на плодородие почв в целом.

На основании проведенных нами исследований было выявлено, что распределение баллов почв обследованной агрокатены Московской области лишь в некоторой степени корреспондируются с бальной оценкой по почвенно-экологической методике. Недостатки методических подходов, применяемых к оценке почв в государственной кадастровой методике, сводятся к следующему:

1. Не учтен климатический фактор, ассортимент возделываемых культур, пригодность земель под различные культуры.

2. В отличие от почвенно-экологической оценки почвенного плодородия по методике И.И. Карманова (1991 г.) в государственной кадастровой оценке при определении интегрального показателя плодородия почв не учитывается содержание элементов питания растений (фосфор, калий), плотность сложения почвы (полезный объем почвы), а также такой фактор, как двучленное строение почвенного профиля, что имеет отражение в почвенно-экологической оценке. Как и в методике И.И. Карманова (1991 г.) в данной методике было бы целесообразно использовать такой почвенный параметр, как запасы гумуса в пределах суммарной мощности пахотного горизонта.

3. Факторы, лимитирующие почвенное плодородии, такие как гидроморфизм и засоление, в государственной кадастровой оценке почв учитываются лишь в качестве факторов, негативно влияющих на показатель энергоемкости, которая является одним из показателей физических свойств почвы, значение которой входит в расчет интегрального показателя технологических свойств почв, а не показателя почвенного плодородия.

4. Государственная кадастровая оценка почв осуществлялась в РФ при выполнении четырех туров бонитировки почв и экономической оценке сельскохозяйственных угодий в

течение 1971–1989 гг. (Государственная кадастровая оценка..., 2000). Однако исследования, проведенные на территории Смоленско-Московского и Московско-Окского почвенных округов (Московская область), выявили устойчивую положительную динамику повышения уровня плодородия для большинства почв сельскохозяйственных угодий, баллы бонитета которых увеличились (Востокова, Орешникова, 2008). Следовательно, данная методика не всегда адекватно отражает реальную оценку почвенного плодородия, по крайней мере, для почв Московской области.

Новая версия государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения (оценка качества и классификация земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве) 2008 г. основана на оценке эталонной почвы по единому для России нормативу экономических условий сельскохозяйственного производства (Сапожников и др., 2007; Оценка качества и классификация..., 2007). В характеристику эталона вводят поправки на свойства почв исследуемого объекта и климат местности. Все это корректируется на доходность всех основных культур, которые могут возделываться на оцениваемом объекте, а также на дополнительные затраты, связанные с поддержанием плодородия почв и применением специальных технологий. Почвенными показателями, сыгравшими главную роль в распределении значений удельных показателей кадастровой стоимости земель (УПКСЗ) агрокатены, оказались содержание гумуса, мощность гумусового горизонта и содержание физической глины.

По нашему мнению, к недостаткам данной методики следует отнести следующее: здесь не учитывается показатель запаса гумуса, как и в вышерассмотренных методиках оценки почвенного плодородия. Также, необходимо учитывать тот факт, что отделить потенциальное плодородие (рассматриваемое в данной методике) от эффективного (зависящего от интенсивности ведения сельского хозяйства, и потому не учитываемого здесь в силу заложенного принципа) достаточно проблематично, и это может повлиять на достоверность результатов.

Рассмотренное выше сравнение разных подходов и методик оценки почв сведено в таблицу.

Таким образом, анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что почвенно-экологическая методика оценивает климатические особенности, почвенно-агрохимические, но не учитывает экономические показатели. В то же время, государственная кадастровая методика не учитывает климатический фактор, характер возделываемых культур, некоторые почвенные свойства, однако отражает экономическую составляющую оценки. Эколого-экономическая методика учитывает все приведенные выше параметры, однако, необходимо заметить, что такие почвенные показатели, как содержание фосфора, калия и реакция среды в данной методике здесь не учитываются.

В целом, почвенно-экологическая методика с использованием ПЭи является более объективной для почвенной оценки плодородия, отражающей «национальное богатство» почв. С другой стороны, эколого-экономическая методика делает почвенную оценку применимой для ведения сельского хозяйства, расчетов и прогнозирования доходов (Сапожников и др., 2007). Государственная кадастровая методика (2000 г.) уступает двум вышеописанным методикам в своей функциональности.

На основании анализа фактического материала по оценке агропочв исследованной катены при сравнении баллов бонитета пахотных почв по трем методикам было установлено, что корреляция между величинами баллов в почвенно-экологической и эколого-экономической методиках тесная и составляет 0.7. Корреляционная зависимость между баллами в государственной кадастровой и эколого-экономической, государственной кадастровой и почвенно-экологической методиках является слабой (меньше 0.3). Аналогичные результаты получены и при расчете стоимости почв по трем методикам, несмотря на то, что цены на порядки различаются между собой в силу различий в тарифных категориях.

Было определено, что по почвенно-экологической методике цены сильно варьируют по причине учета содержания фосфора, калия и реакции среды. Учет этих показателей

приводит к изменению цены в несколько раз (поправочные коэффициенты составляют от 0.87 до 1.15 по каждому из трех показателей в изученных почвах). В эколого-экономической методике такого явления не наблюдается. Следовательно, чем меньше в почве содержание фосфора, калия и меньше pH, тем больше будет расхождение цен по методикам.

Таблица. Сравнение методик оценки почвенного плодородия на основе почвенно-экологической оценки (Карманов, 1991 г.), государственной кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий РФ (2002 г.) и эколого-экономической оценки (2007 г.)

Оценочные параметры	Почвенно-экологическая оценка 1991 г.	Государственная кадастровая оценка 2000 г.	Эколого-экономическая оценка 2007 г.
Климатические			
Среднегодовая сумма температур > 10 °С	+	–	+
Коэффициент увлажнения	+	–	+
Коэффициент континентальности	+	–	+
Почвенно-агрохимические			
Тип почвы	+	+	+
Характер почвообразующих пород	–	–	+
Характер с/х угодий	+	–	+
Наличие комплексов (сочетаний)	+	+	+
Характер возделываемых с/х культур	+	–	+
Содержание подвижного фосфора	+	–	–
Содержание подвижного калия	+	–	–
Реакция среды	+	+	+ (косвенно)
Гранулометрический состав	+	+	+
Содержание гумуса	+	+	+
Мощность гумусного горизонта	–	+	+
Плотность сложения	+	–	–
Гидроморфизм	+	+ (косвенно)	+
Каменистость	+	+	+
Степень смытости	+	+ (косвенно)	+
Засоление	+	+ (косвенно)	+
Рельеф	+	+	+
Энергоемкость	–	+	+ (косвенно)
Экономические			
Урожайность	–	+ (фактическая)	+ (потенциальная)
Стоимость валовой продукции	–	+	+
Оценочные затраты	–	+	+
Коэффициент капитализации	–	+ (единый для субъектов РФ)	+ (разный для субъектов РФ)
Показатели технологических свойств			
Контурность полей	–	+	+
Удаленность хозяйственного центра	–	+	+
Высота над уровнем моря (для горных и предгорных зон)	–	+	+
Показатели внехозяйственных грузоперевозок			
Характер, объем груза	–	+	+
Расстояние, качество дорог	–	+	+

Примечание: знак «+» означает учет параметра, знак «–» – отсутствие учета.

Эколого-экономическая методика основывается на расчете цены почвы исходя из нормативной, а не фактической урожайности. Поэтому, содержание основных элементов питания и реакция среды, которые зависят от степени интенсивности ведения сельского хозяйства, что определяет фактическую урожайность, не учитываются в данной методике, т.к. это считается нецелесообразным по причине увеличения ставки земельного налога на более плодородную почву. Однако при таком подходе не учитывается дифференциальная рента II, отражающая искусственное плодородие. Соответственно, земельный налог мо-

жет быть выше на таких почвах по причине увеличения дохода. Но в эколого-экономической методике принято учитывать лишь исходное почвенное плодородие, чтобы не взимать больший налог с хозяйств с интенсивным земледелием, стимулируя землевладельцев к получению большего дохода.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Востокова Л.Б., Орешникова Н.В.* Анализ качественного состояния почв на основании изменения баллов бонитетов за многолетний период // Мат. V Всерос. съезда общества почвоведов. Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2008. С. 463.
2. *Государственная кадастровая оценка* сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. М.: РосНИИземпроект, 2000. 74 с.
3. *Карманов И.И., Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Ефремов В.В.* Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. – М.: Агропромиздат, 1991. 304 с.
4. *Оценка качества и классификация земель* по их пригодности для использования в сельском хозяйстве. М.: ФГУП «Госземкадастрсъемка» - ВИСХАГИ, 2007. 74 с.
5. *Русаков А.В., Поздняков А.И., Позднякова А.Д.* Катенная дифференциация почв Клинско-Дмитровской гряды и сопредельной территории Верхне-Волжской низины: вопросы палеогеографии ландшафтов и земледельческое освоение территории / Проблемы древнего земледелия и эволюции почв в лесных и степных ландшафтах Европы // Материалы международного научного семинара. Белгород, 2006. С. 62–68.
6. *Сапожников П.М., Оглезнев А.К., Третьякова Г.Б.* Новая версия государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения // Имущественные отношения в РФ. 2007. № 3. С. 75 – 90.
7. *Селеменева М.В.* Геоморфолого-литологические особенности агрокатены склона северной экспозиции Клинско-Дмитровской гряды // Тез. докл. к XV Международ. науч. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов». М., 2008. С. 197.
8. *Селеменева М.В*. Отражение генетических особенностей агрогенно-преобразованных почв Клинско-Дмитровской гряды (Московская область) в «Классификации и диагностике почв России» (2004 г.) // Тез. докл. к XII Докучаевским молодежным чтениям. С-Пб., 2009. С. 76.
9. *Селеменева М.В., Юрьева Ж.О.* Свойства голоценовой палеопочвы склона северной экспозиции Клинско-Дмитровской гряды и вопросы формирования ландшафтов // Тез. докл. к X юбилейным Докучаевским молодежным чтениям. С-Пб., 2007. С. 168.

УДК 631.46:631.48:930.26

СОСТОЯНИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПАЛЕОПОЧВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КАК ИНДИКАТОР ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

И.В. Стретович

Учреждение российской академии наук Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино

Проведены исследования современных и погребенных (под курганным могильником «Аксай» и валом Анны Иоанновны) почв сухостепной зоны в пределах Ергенинской и Приволжской возвышенностей. Определены закономерности содержания и распределения мицелия микроскопических грибов в профиле современных и погребенных почв в связи с палеоклиматическими условиями. Установлено, что содержание и структура грибного мицелия при сравнительном изучении погребенных почв сухостепной зоны могут служить индикатором палеоклиматических условий.

ВВЕДЕНИЕ

Палеопочвы, и в первую очередь палеопочвы археологических памятников, в зависимости от степени консервации, сохраняют ряд свойств с момента погребения (Демкин, 1997), а, следовательно, это должно быть отражено в соответствующих параметрах их

© И.В. Стретович, 2009

микробного сообщества. При этом значительная его часть, преодолевая стрессовые условия окружающей среды (неблагоприятный гидротермический режим, прекращение поступления растительного опада и т.д.), переходит в покоящееся состояние. Остается открытым вопрос о сохранении мицелия микроскопических грибов в этих условиях и его структуре.

Известно, что темноокрашенный мицелий способен обитать в экстремальных условиях. Пигменты типа меланинов определяют устойчивость грибного мицелия против лизиса (Bloomfield, Alexander, 1967), высыхания (Жданова, Походенко, 1973), смягчают воздействие неблагоприятных температурных условий (Жданова, Василевская, 1982), а также обеспечивают сохранность клеточных структур в функциональном состоянии в процессе длительного углеродного голодания (Жданова и др., 1982).

При действии определенных отрицательных факторов меланинсодержащие грибы дольше, чем другие могут не только сохранять способность к восстановлению жизнедеятельности, но в большинстве случаев и активно функционировать, выделять метаболиты, расти и завершать циклы развития (Паутените и др., 1982).

Следовательно, темноокрашенные грибы являются устойчивыми к экстремальным воздействиям и могут обитать в разнообразных условиях.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в сухостепной зоне на территории Ергенинской и Приволжской возвышенностей. Объектами изучения послужили палеопочвы разновозрастных археологических памятников (курганы, оборонительный вал) и современные фоновые почвы.

Курганная группа «Аксай» располагается в северной части Ергенинской возвышенности на вершине плоского водораздела в 2–2.5 км от с. Аксай Октябрьского района Волгоградской области. Время сооружения курганов относится к середине III тыс. до н.э. (~4500 л.н.) и I в. н.э. (~2000 л.н.). Исследовались современная и погребенные каштановые почвы.

Другим исследованным объектом является оборонительный вал Царицынской линии (или вал Анны Иоанновны), расположенный в южной части Приволжской возвышенности. Этот исторический памятник входил в систему защитных черт южных и юго-восточных пограничных рубежей Русского государства и был построен в 1718–1720 гг. от Царицына на Волге до Паньшина городка на Дону. Участок вала Анны Иоанновны для исследований находился на вершине водораздела. Изучались современный и погребенный солонцы.

Для микробиологических исследований отбирали репрезентативные почвенные образцы из верхних горизонтов с соблюдением условий стерильности.

Длину грибного мицелия определяли прямым микроскопическим подсчетом на мембранных фильтрах по методу Хансена в модификации Демкиной и Мирчинк (Демкина, 1986; Звягинцев и др., 1980). Использовали мембранные фильтры из нитроцеллюлозы с диаметром пор 3.5 мкм производства АО «Владисарт», г. Владимир. В качестве красителя использовали дианил голубой, который избирательно окрашивает светлоокрашенные гифы в голубой цвет, темноокрашенный мицелий не окрашивается. Он хорошо дифференцируется по коричневой окраске меланиновых пигментов. Длину гиф измеряли при увеличении 7–10×40. Просматривали 3 фильтра по 50 полей зрения. Биомассу мицелия рассчитывали исходя из средней величины диаметра гиф *(3.6 и 3.7 мкм для погребенной и современной почв, соответственно)*, полученной для каждой почвы, и принимая удельный вес 1.05 г/см3.

Также использовались стандартные химико-аналитические методы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для выявления роли мицелия микроскопических грибов как индикатора степени увлажненности палеоклимата в сухостепной зоне был изучен хроноряд разновозрастных каштановых почв. Исследовались две погребенные (время погребения ~4500 и ~2000 лет назад) и современная почвы.

Рассмотрим особенности содержания мицелия микроскопических грибов в современных и погребенных каштановых почвах. Суммарная длина гиф грибного мицелия в профиле современной почвы достоверно снижалась вниз по профилю с 10.63 до 2.35 м/г почвы (рис. 1). В погребенных почвах – суммарная длина была значительно меньше, и колебалась от 1.77 до 4.41 м/г почвы. В почве, погребенной ~4500 л.н., наблюдалась тенденция увеличения длины мицелия вниз по профилю, но эти различия были не достоверны. Светлоокрашенный мицелий встречался в горизонте А1. В палеопочве, погребенной ~2000 л.н. светлоокрашенный мицелий отсутствовал, но характер распределения мицелия аналогичен современной почве.

Биомасса грибных гиф в современной почве достигала 72 мкг на 1 г почвы, доля темноокрашенного мицелия составляла 88 % (рис. 2). В погребенных почвах наибольшая средневзвешенная биомасса грибного мицелия установлена для почвы эпохи бронзы (~4500 л.н.) и составила 36 мкг на 1 г почвы. При этом доля темноокрашенного мицелия равнялась 98 %. В палеопочве, погребенной в I в. н.э., биомасса грибных гиф была меньше и составляла 31 мкг на 1 г почвы, в структуре грибного мицелия выявлены только пигментированные гифы (100 %).

Следовательно, исходя из полученных данных, можно предположить, что в первой половине III тыс. до н.э. в исследуемом регионе климатические условия были более влажными, чем в I в. н.э. Это связано с тем, что в почве, погребенной ~4500 лет назад, биомасса грибного мицелия больше, а доля темноокрашенного – меньше, чем в почве, погребенной ~2000 лет назад. Полученные нами данные подтверждаются химико-аналитическими исследованиями палеопочв. Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей в слое 0–50 см в более древней почве на порядок меньше (0.05 %), чем в почве, погребенной в I в. н.э. (0.31 %). Известно, что при увеличении увлажненности климата содержание легкорастворимых солей в почве снижается, а при аридизации климатических условий – повышается.

Суммарная длина грибного мицелия в современном солонце объекта «Вал Анны Иоанновны» составляла 1.76–6.04 м/г почвы (рис. 3), в погребенном 1.52–3.67 м/г почвы. Выявлена тенденция уменьшения длины гиф вниз по профилю. При этом длина светлоокрашенного мицелия изменялась от 0.47 до 1.31 м/г почвы в современном солонце и от 0.17 до 0.73 м/г почвы в погребенном. А длина темнопигментированного – 1.29–4.73 м/г почвы в современном и 1.35–3.67 м/г почвы в погребенном солонце.

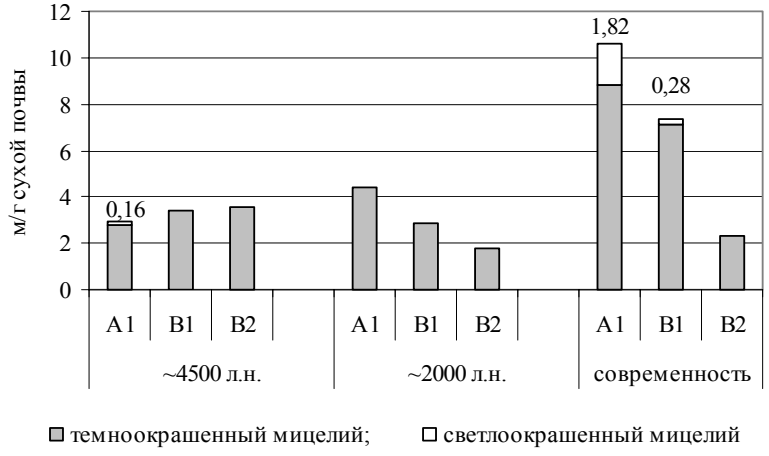


Рисунок 1. Суммарная длина гиф грибного мицелия в современной и погребенных каштановых почвах (курганный могильник «Аксай-3», Волгоградская область).

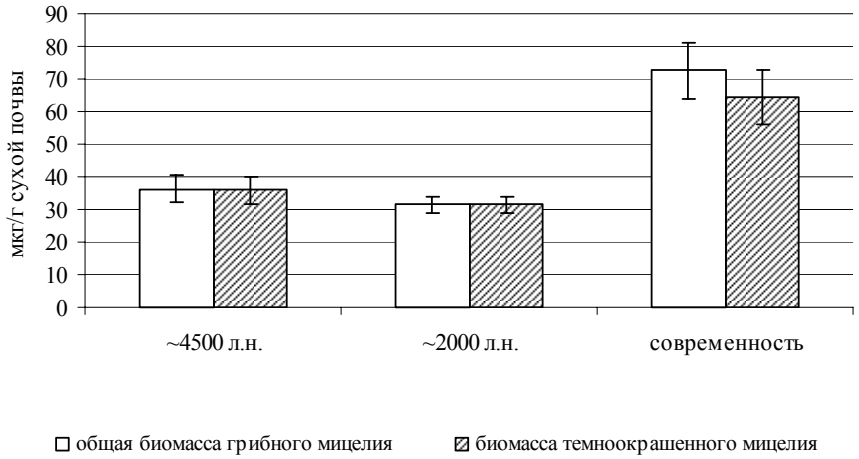


Рисунок 2. Биомасса и структура грибного мицелия в современной и погребенных под курганным могильником «Аксай» почвах (средневзвешенные значения величин в гор. A1+B1+B2).

Суммарная средневзвешенная биомасса грибных гиф, содержащихся в современной почве, составляла 49 мкг/г почвы (рис. 4). При этом доля темноокрашенного мицелия была равна 66 %. В погребенной почве суммарная средневзвешенная биомасса составляла 26 мкг/г, а доля темноокрашенного мицелия достигала 94 %.

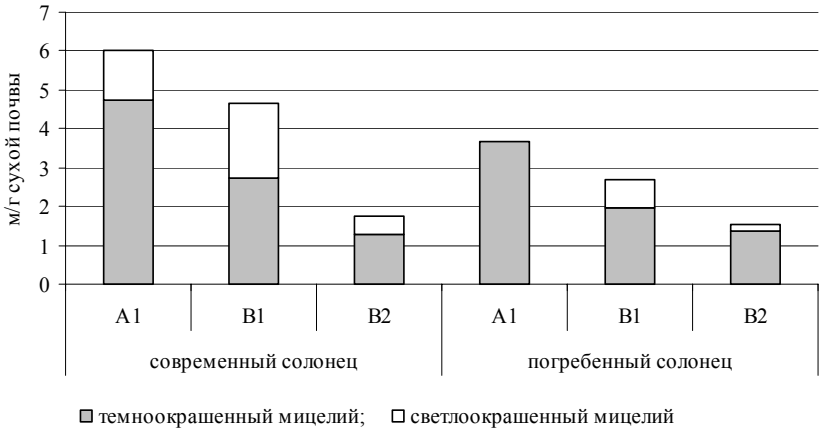


Рисунок 3. Суммарная длина гиф грибного мицелия в современном и погребенном под валом Анны Иоанновны солонцах.

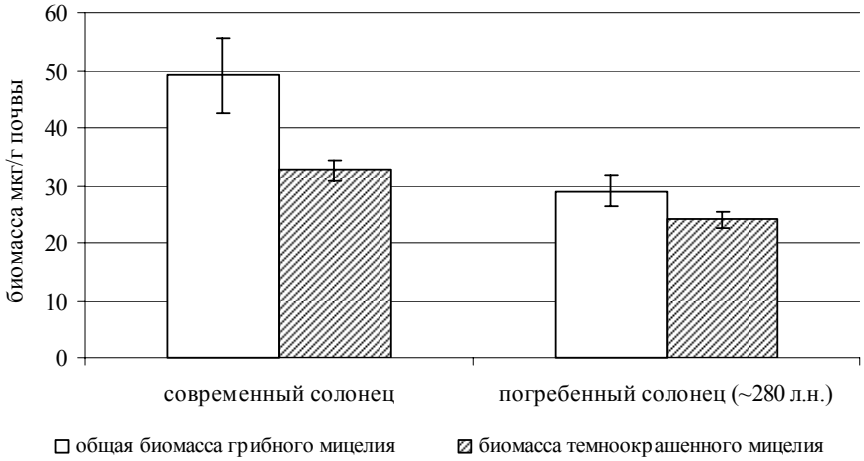


Рисунок 4. Средневзвешенные значения общей биомассы мицелия и темноокрашенного в профиле современного и погребенного под валом Анны Иоанновны солонцах.

Можно было бы предположить, что это связано с влажностью, но мы знаем, что в это время было похолодание. Матесом в 1942 году был предложен термин «Малый ледниковый период», применительно к условиям XVII–XVIII вв. В это время уменьшалась растительная биомасса в связи с уменьшением температуры, а увлажнение было приблизительно одинаковым. Это подтверждается химико-аналитическими данными по содержанию легкорастворимых солей. Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей в слое 0–50 см в погребенном солонце составляет 0.07 %, в современном – 0.04 %.

ВЫВОДЫ (ЗАКЛЮЧЕНИЕ)

Таким образом, в погребенных почвах присутствует грибной мицелий, содержание которого в профиле в 1.5–2.5 раза ниже чем в современном аналоге.

В более влажных условиях биомасса мицелия возрастает, а доля темноокрашенных гиф снижается. И наоборот, при аридизации биомасса мицелия снижается, а доля темноокрашенного увеличивается до 100 %.

Содержание и структура грибного мицелия при сравнительном изучении погребенных почв сухостепной зоны могут служить индикатором палеоклиматических условий. Полученные результаты согласуются с данными химико-аналитических исследований.

Работа рекомендована Демкиным В.А., д.б.н., профессором.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bloomfield B.J., Alexander M.* Melanins and resistance of fungi to lisys. – J.Bacteriol., 1967, v. 93, №4, pp. 1276–1280.
2. *Демкин В.А.* Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997, 213 с.
3. *Демкина Т.С.* Грибная биомасса различных типов почв. Диссертация… канд. биол. наук. Пущино, 1986.
4. *Жданова Н.Н., Василевская А.И.* Экстремальная экология грибов в природе и эксперименте. Киев, Наукова думка, 1982, 168 с.
5. *Жданова Н.Н., Костюк М.Д., Северинова А.Е.* Дыхание некоторых темноокрашенных гифомицетов в условиях продолжительного голодания. – Изв. АН СССР, 1982, сер. биологич., №6, с. 912–922.
6. *Жданова Н.Н., Походенко В.Д.* О возможном участии меланинового пигмента в защите грибной клетки от высыхания. – Микробиология, 1973, т. 42, вып. 5, с. 848–853.
7. *Звягинцев Д.Г., Асеева И.В., Бабьева И.П., Мирчинк Т.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. с. 23–25.
8. *Паутениде Л.П., Лугаускас А.Ю., Лукшайте Д.К.* Подход к изучению меланинсинтезирующих микромицетов – активных биодеструкторов полимерных материалов. – В сб.: Методы выделения и идентификации почвенных микромицетов-биодеструкторов. Вильнюс, 1982, с. 99–101.

УДК: 631.4 576.8.002.637

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА НА СКОРОСТЬ ДЕТОКСИКАЦИИ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ

Е.Р. Стрижакова[1], К.В. Петриков[2], С.Н. Фадеев[3], А.В. Бахвалов[3], В.С. Яценко[4], Г.К. Васильева[1]

[1]Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино Московской обл., [2]Тульский Государственный университет, г. Тула, [3]Факультет Почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, [4]Российский Государственный Аграрный Университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва

Ранее показано, что углеродные сорбенты могут существенно ускорять биоремедиацию сильно загрязненных почв. В данной работе продемонстрировано положительное влияние гранулированного активированного угля (ГАУ) на скорость снижения фито- и биотоксичности серой лесной почвы, загрязненной дизельным топливом (ДТ). Это создает благоприятные условия для биодеградации ДТ как инокулированными, так и аборигенными микроорганизмами-деструкторами. Причем скорость и степень биодеструкции нефтепродуктов в почве заметно не замедляются, но ускоряется исчезновение наиболее токсичной легкой фракции ДТ.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с возрастающим уровнем загрязнения почв нефтепродуктами вопрос разработки методов их очистки становится весьма актуальным. Одна из проблем связана с необходимостью разработки метода детоксикации загрязненных нефтепродуктами почв, встречающихся вокруг автозаправочных станций. Почва в радиусе нескольких метров вокруг многих АЗС загрязнена бензином, дизельным топливом, минеральными маслами.

Биоремедиация является одной из наиболее привлекательных технологий для очистки почвенных систем от нефтепродуктов. Трудности рекультивации нефтезагрязненных почв связаны с отрицательным воздействием нефтепродуктов на физические, химические и биологические свойства почвы. Углеводороды нефти, особенно легкая фракция С8–С14, проявляют повышенную токсичность из-за воздействия на цитоплазматические мембраны клетки. А наибольшей стойкостью в почве обладают более тяжелые углеводороды (полиароматическая фракция, высокомолекулярные нафтены) из-за токсического действия их окисленных метаболитов на большинство микроорганизмов.

Исследования, проводимые в ИФХиБПП РАН начиная с 1992 г. показали, что использование сорбентов может помочь в преодолении проблемы токсичности при биоремедиации сильно загрязненных почв. Был разработан сорбционно-биологический метод очистки почв. Он основан на одновременном использовании микроорганизмов-деструкторов и сорбентов, которые создают оптимальные условия для жизнедеятельности аборигенных и инокулируемых микроорганизмов (Васильева и др., 1994; Vasilyeva et al., 2006). Активированный уголь является одним из наилучших сорбентов для многих органических химикатов вследствие его гидрофобности, высокой удельной поверхности (800–1200 $м^2/г$) и микропористой структуры (Мухин и др., 2000).

Целью данной работы было изучение влияния разных доз ГАУ и микроорганизмов деструкторов на скорость деградации и детоксикации дизельного топлива в почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводили с образцами серой лесной почвы (суглинистая, $С_{орг}$ 1.9 %, pH 7.0), отобранной из верхнего 20-см слоя почвы вблизи г. Пущино Московской области. Почву загрязняли зимним ДТ, в лабораторных экспериментах в дозе 0.5–10 %, а в микрополевом – 5 %. Во все варианты, кроме необработанного контроля (НК), добавляли опти-

© Е.Р.Стрижакова, К.В.Петриков, С.Н.Фадеев, А.В.Бахвалов, В.С.Яценко, Г.К.Васильева, 2009

мальные дозы минеральных удобрений (мочевина, суперфосфат и сульфат калия) из расчета C:N:P:K=10:1:0.6:0.6. В некоторые варианты вносили углеродный сорбент и биопрепарат (совместно или раздельно). Почву инкубировали в чашках Петри при оптимальной влажности (75–80 % от полной полевой влагоемкости – ППВ), температуре 22 °С и еженедельном перемешивании. В качестве биопрепарата использовали ассоциацию психрофильных и галофильных штаммов *Rhodococcus sp.* X5 и S67, *Pseudomonas putida* BS3701 и *Pseudomonas sp.* 142NF, способных использовать компоненты ДТ (алифатические и ароматические углеводороды) в качестве ростовых субстратов.

Микрополевой опыт проводили в вегетационных сосудах без дна размером 60x60x60 $см^3$, врытых в землю. Через 5 сут. после поверхностного загрязнения дизельным топливом все варианты, кроме НК, подвергали обработке путем регулярного увлажнения и периодического перемешивания на глубину 10 см. Во все сосуды кроме НК вносили одинаковые дозы минеральных удобрений, а в некоторые сосуды дополнительно вносили биопрепарат и сорбентом в дозе 2.5 или 5 % (совместно или раздельно). Через полтора месяца почву засевали люцерной, а еще через 2 мес. растения удаляли и определяли их биометрические показатели. Во всех экспериментах периодически проводили химический анализ почв на содержание углеводородов. Для этого почвенные аликвоты экстрагировали четыреххлористым углеродом, после чего в экстрактах определяли содержание суммы нефтепродуктов методом ИК-спектроскопии, а также концентрацию отдельных фракций углеводородов методом газожидкостной хроматографии.

Интегральную токсичность почвы оценивали по фитотесту. Для этого предварительно был разработан экспресс-метод определения фитотоксичности почвы по всхожести клевера белого, который обладает высокой чувствительностью к загрязнению ДТ. Образцы почвы, отобранные из экспериментальных сосудов, помещали в чашки Петри и засевали семенами клевера. Почву увлажняли до 75 % ППВ и инкубировали в термостате при 22 °С, а через неделю определяли процент проросших семян. Кроме того, определяли численность колониеобразующих единиц (КОЕ) гетеротрофных бактерий и микроорганизмов-деструкторов углеводородов методом высева на агаризованные среды.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что дизельное топливо, особенно зимнее, обладает повышенной фитотоксичностью. Прорастание семян клевера в присутствии даже минимальной дозы ДТ снижалось на порядок и более по сравнению с чистой почвой. В почве, загрязненной 5–10 % ДТ растения почти полностью погибали, а микрофлора сильно ингибировалась. Через сутки после поверхностного загрязнения наиболее легкая фракция ДТ (около 50 %) улетучивалась, а фитотоксичность почвы заметно снижалась, однако впоследствии неочищенная почва длительное время (до полугода и более) оставалась высокотоксичной для растений.

Внесение оптимальных доз и форм углеродного сорбента независимо от внесения биопрепарата приводило к быстрому снижению токсичности почвы. В лабораторном эксперименте в наилучших вариантах с внесением оптимальных доз сорбента и биопрепарата полная детоксикация почв наступала через 4, 5 и 6 месяцев при исходном уровне загрязнения 2, 5 и 10 % соответственно. В остальных образцах, особенно в вариантах без сорбента, детоксикация почв протекала значительно медленнее (данные не приведены).

На рис. 1 представлены результаты динамики снижения фитотоксичности и содержания нефтепродуктов в почве из 3-х основных вариантов микрополевого эксперимента. Во всех вариантах, кроме НК, фитотоксичность почв в течение летнего сезона заметно снижалась. Однако в контроле с внесением одних минеральных удобрений заметная фитотоксичность почвы проявлялась до конца сезона, тогда как после внесения биопрепарата на фоне сорбента уже через 1–1.5 мес. произошла практически полная ее детоксикация.

Изменение содержания углеводородов в почве происходило примерно так же, как и изменение фитотоксичности. Во всех опытных вариантах, за исключением НК, в конце

сезона содержание нефтепродуктов снизилось до 0.3 % от веса почвы, то есть достигло умеренного уровня загрязнения (0.1–0.5 %) – допустимого уровня для очищаемых почв. При этом динамики снижения содержания углеводородов во всех обработанных почвах были близки. Это означает, что присутствие сорбента не ускоряет, но и не замедляет процесс биодеградации ДТ, если судить по сумме углеводородов. Однако повышенная фитотоксичность почв без сорбента указывает на неполную детоксикацию загрязнителя. Это связано, очевидно, с присутствием в почве токсичных окисленных метаболитов ДТ, а также наиболее токсичных легких углеводородов, которые дезактивируются под действием сорбента. Эти выводы подтверждаются результатами изменения концентрации легкой фракции углеводородов (С8–С14) в почве, которые согласуются с динамикой изменения фитотоксичности почвы.

Изменение величины пристан-фитанового индекса, являющегося показателем глубины биодеградации нефтепродуктов, так же указывает на то, что в присутствии сорбента биодеградация ДТ протекает не менее эффективно, чем без сорбента, особенно в присутствии инокулированных микроорганизмов (данные не приведены).

Результаты определения динамики численности микроорганизмов-деструкторов углеводородов (МД) в почве микрополевого эксперимента (Рис. 2) показывают, что при внесении биопрепарата в сильно загрязненную ДТ почву численность микроорганизмов-деструкторов через 1–2 мес. в несколько раз превышала эту величину в контроле без инокулирования. Однако внесение биопрепарата на фоне сорбента обеспечивало гораздо более интенсивный рост численности МД, чем без сорбента. Важно отметить, что аборигенные микроорганизмы-деструкторы на фоне той же дозы ГАУ размножаются в загрязненной почве столь же интенсивно, что и без инокулирования. В то же время в конце инкубирования численность МД во всех вариантах возвращалась почти к исходному уровню.

Биометрические показатели люцерны, выросшей в вегетационных сосудах после первичной очистки почвы, представлены на рис. 3. Изменения средней массы одного растения люцерны в зависимости от дозы ГАУ также свидетельствовали в пользу того, что наиболее полная детоксикация почвы наблюдалась в вариантах с одновременным внесением сорбента и биопрепарата. Инокулирование одних микроорганизмов было малоэффективно. Вес растений люцерны, выросших в загрязненной почве, положительно коррелировал с внесенной дозой активированного угля, определенный вклад в снижение фитотоксичности вносили и инокулированные микроорганизмы.

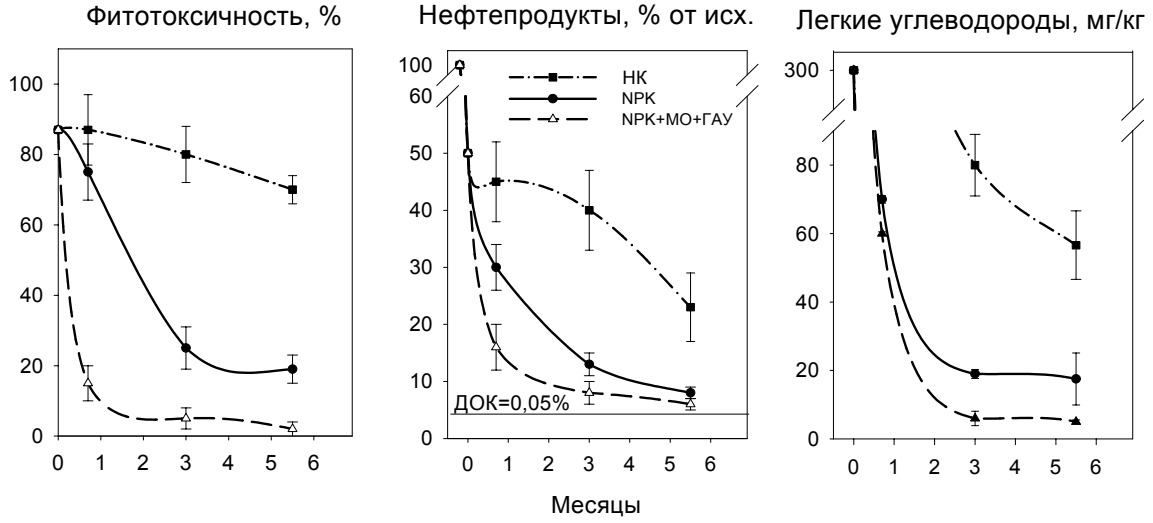


Рисунок. 1. Динамика изменения фитотоксичности почвы и содержания суммы нефтепродуктов, а также легких углеводородов в ДТ-загрязненной почве: необработанный контроль (НК), вариант с активацией аборигенной микрофлоры за счет создания оптимального водно-воздушного режима и внесения минеральных удобрений (NPK) и вариант с дополнительным внесением биопрепарата и максимальной дозы ГАУ (NPK+МО+ГАУ).

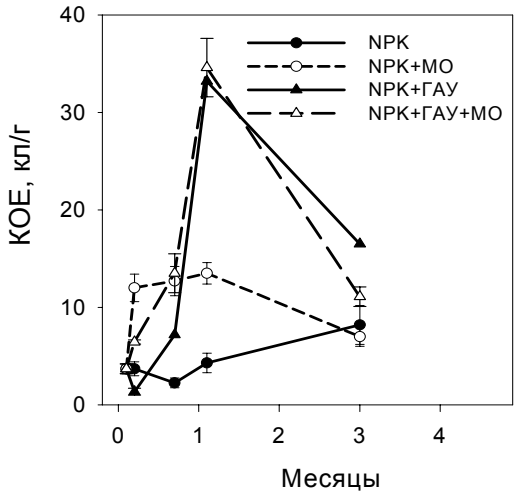


Рис. 2. Динамика изменения численности микроорганизмов-деструкторов в ДТ-загрязненной почве в обрабатываемых вариантах микрополевого эксперимента: с внесением одних минеральных удобрений (NPK), а также с дополнительным внесением сорбента (ГАУ) или биопрепарата одного (NPK+MO) и совместно с сорбентом (NPK+ГАУ+MO).

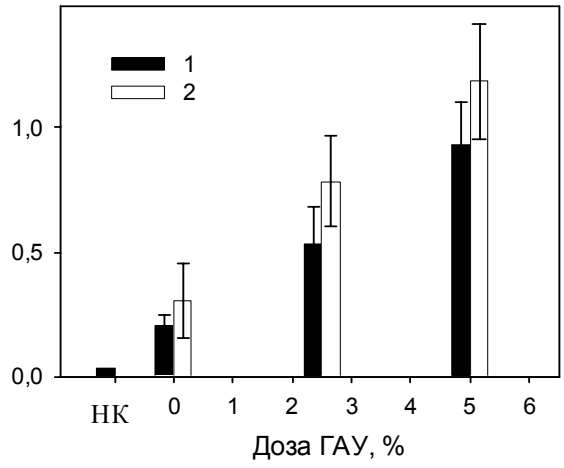


Рис. 3. Средний сухой вес одного растения люцерны, выросшей в вариантах микрополевого опыта в ДТ-загрязненной почве после предварительной очистки без внесения биопрепарата (1) и с внесением биопрепарата (2) в зависимости от дозы сорбента, в сравнении с необработанным контролем (НК).

ВЫВОДЫ

Внесение активированного угля позволяет резко снизить фито- и биотоксичность почвы, загрязненной дизельным топливом, и создает условия для ее ускоренной биоремедиации. В некоторых случаях биоремедиацию ДТ-загрязненных почв, по-видимому, можно проводить без дополнительного внесения биопрепарата путем активизации собственной специфической микрофлоры за счет создания оптимального водно-воздушного режима и внесения активированного угля.

Благодарности. Авторы выражают благодарность с.н.с., к.б.н. Филонову А.Е. и ассистенту к.б.н. Завгородней Ю.А. за помощь в получении и обсуждении результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильева Г.К., Суровцева Э.Г., Белоусов В.В.* Разработка микробиологического способа для очистки почвы от загрязнения пропанидом и 3.4-дихлоранилином. Микробиология, 1994. 63(1):129–144.
2. *Мухин В.М., Тарасов А.В., Клушин В.Н.* Активные угли России. М.: Металлургия, 2000. 352 с.
3. *Vasilyeva G.K., Strijakova E.R., Shea P.J.* Use of activated carbon for soil bioremediation. Ch. 4.7 (p.309–322). In: Viable methods of soil and water pollution monitoring, protection and remediation. (I. Twardowska, H.E. Allen and M.H Haggblom, eds). Serial NATO Collection, Netherlands, Springer, 2006, 629 p.

Работа рекомендована в.н.с., к.б.н. Г.К. Васильевой.

УДК 631.4

ПОЧВЫ ЛУГОВИН БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ: ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ, МОРФОЛОГИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ

А.А. Титова

Институт географии РАН, Москва

Исследования ландшафтов и почвенного покрова северо-востока Европейской территории России начались в первой половине 20 века и продолжаются до сих пор. Здесь работали Ю.А. Ливеровский, Е.Н. Иванова, И.С. Хантимер, И.В. Забоева и др. Много работ посвящено изучению растительности Большеземельской тундры, в меньшей степени исследован почвенный покров. Большинство исследований этого района связаны с сельскохозяйственным освоением тундры в 50–70-х годах XX века.

Для Большеземельской тундры выделяется 5 основных типов растительности: кустарничковая, ерниковая, ивняковая тундры, тундровые луговины и болота. Наиболее распространенная – это кустарниковая тундра (ерниковая и ивняковая). Она занимает водораздельные пространства, пологие склоны водоразделов и повышения надпойменных террас, что составляет около 60 % территории южной тундры. Небольшие пространства занимает ивняковая растительность. В основном это понижения, ложбины стока, окраины озер и болот. В почвенном покрове преобладают тундровые (поверхностно)-глеевые почвы (глееземы типичные и криометаморфические по Классификации почв России, 2004).

Тундровые луговины занимают небольшие пространства на крутых склонах долин рек и водоразделов. Исследований естественных почв под тундровыми луговинами на северо-востоке европейской территории России практически не было. В первых работах по луговинам Большеземельской тундры они назывались как дерново-глеевые почвы.

Цель нашего исследования – выявить факторы формирования, морфологические особенности, определить классификационное положение почв луговин Большеземельской тундры.

Рельеф Большеземельской тундры пологоувалистый с хорошо развитой речной сетью. В исследуемом регионе почвообразующими породами являются преимущественно рыхлые четвертичные отложения ледникового происхождения.

Климат изучаемой территории умеренно континентальный и континентальный. Лето короткое и холодное. Период с температурами более 10 °С длится около 1.5 месяцев. Верхняя часть тундровой поверхностно-глеевой почвы слабо прогревается: летом её температура составляет в среднем 3–5 °С. Количество осадков небольшое, несмотря на незначительное удаление от Северного Ледовитого океана. Максимум приходится на август и сентябрь.

Таблица. Температура и количество осадков по месяцам по данным метеостанции Воркута (по данным веб сайта www.meteo.infospace.ru)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. год
T, °C	–20.3	–20.6	–16.5	–9.0	–2.8	5.8	12.4	9.5	3.8	–5.1	–13.6	–15.7	–6.0
Осадки, мм	41	32	27	27	37	51	55	62	57	49	38	40	517

Снежный покров в тундре крайне неравномерен. Этому способствуют сильные ветра в течение всего года. Преобладающее направление ветров зимой – южное, а летом – северное. Зимой снег скапливается по оврагам, балкам преимущественно на северных скло-

Работа проведена при поддержке РФФИ (проект № 06-04-48871)

© А.А. Титова, 2009

нах. Наиболее прогретыми в летний сезон оказываются склоны южной экспозиции средней и высокой крутизны.

Окрестности города Воркуты относятся к территории со сплошным распространением многолетнемерзлых пород (50–90 %) (Brown et al., 1997, цит. по Trans-Ural Polar Tour, 2004). Влияние мерзлотных процессов в большей мере характерно для зональных тундровых глеевых почв (криотурбации, выпучивание крупнозема, морозное пучение и др.). Для почв склоновых позиций характерна тиксотропность.

В тундре большое значение приобретают особенности микроклимата под различными типами растительности. Из-за короткого вегетационного периода и малой суммы положительных температур в тундре очень медленно идет рост и накопление растительной массы, поэтому наиболее важным фактором, определяющим неравномерность распределения растительности, является количество солнечной радиации. Поскольку непосредственных температурных измерений в почвах луговин не проводилось с некоторым приближением можно рассматривать освоенные почвы под сеяными лугами как аналог почв под естественной луговой растительностью. В 1986 году А.В.Кононенко проводились режимные микроклиматические наблюдения за почвами под агроценозами и естественной не нарушенной тундровой растительностью. В целом почвы под травянистыми ассоциациями имеют более контрастный температурный режим, чем почвы под зональной растительностью. Активные температуры летом проникают в них на большую глубину (около 40–60см). В то время как почвы под естественной растительностью прогреваются до температур более 10 °С на глубинах только 10–30 см. Также почвы под луговой растительностью начинают раньше и интенсивнее остывать. Среднегодовая температура пахотного горизонта почвы под луговой растительностью ниже, чем в верхних 20 см почв под тундрой, а глубже – всегда выше. Такое явление связано с теплоизолирующими свойствами торфянистого горизонта, который играет роль теплоизолятора: не дает весной почве быстро нагреваться, а осенью – остывать. По мнению А.В.Кононенко (1986) условия перезимовки культур зависят от местоположения почвы: на вершинах водораздельных холмов – холодные морозоопасные, на склонах холмов – умеренно морозоопасные. Это объясняет тот факт, что луга произрастают, как правило, по склонам, а не на водоразделах. Действие низких температур на почвенный покров больше всего должно прослеживаться в почвах на бровках и на выположенных участках в верхней части склона.

Наши исследования проводились в северо-восточной части ЕТР, в Большеземельской тундре в окрестностях города Воркута. Почвы травянистых тундр или тундровых луговин изучались на южном склоне долины р. Воркута (координаты 67° 30’ с.ш., 64° 03’ в.д.). Крутизна склона, где были заложены разрезы, составляет приблизительно 30–35°.

В условиях холодной зимы особенную важность для характера растительности и почвообразования приобретает снежный покров и его мощность, а также время схода снега. На исследуемом участке сход снега наблюдался в первую очередь на выпуклых склонах южной экспозиции, где мощность снега самая маленькая (около 30–40см). Это происходило в середине мая, когда при положительных температурах воздуха земля еще мерзлая и большая часть влаги, не задерживаясь, уходит с весенним стоком. Застойные условия увлажнения складывались только в самой нижней части склона, где снег наиболее уплотнен и даже в мае его мощность составляет около 2–3 метров, а также по ложбинам стока, где произрастает ивовый кустарник.

Условия промерзания в зимний период связаны как с мощностью снежного покрова, так и с наличием теплоизолирующего торфяного горизонта. Отсутствие этих факторов усиливает промерзание почв под травянистой растительностью в южной тундре.

На поверхности почвы на наиболее крутых участках хорошо заметны признаки тиксотропности: это небольшие участки веерообразной формы среди травянистой растительности занятые мхами и лишайниками. В профилях это проявляется в виде слоистости материала органогенных горизонтов.

В нижней части склона произрастает кустарниковые формы Salix высотой 3–5 метров, Ribes rubrum. В травянистом покрове нижней (более мезотрофная) и средней частей склона преобладают злаково-разнотравные ассоциации (Phleum, Festuca pratensis, Equisetum, Lathyrus pratensis, Chamerion angustifolium, Delphinium, Thalictrum L, Antirrhinum majus, Stellaria, Aster alpinus, небольшое количество зеленых мхов). Здесь описан разрез ТВ-01/05.

Дернина – 0–6см, состоит из остатков корневых систем, преимущественно средних и тонких корней, и остатков зеленых мхов. Черно-коричневая, свежая, есть примесь минеральной части: на корнях мелкие светлые зерна.

AYao – 6–22см – Светло-коричневый, свежий, мелкозернистая структура, в массе хорошо оструктурен тонкими корнями. Очень много мелких светлых зерен, в основном они приурочены к корневым системам. Граница слабоволнистая, переход четкий

CRMca – 22–56 см – Серо-коричневый, книзу темнеет, свежий, легкий суглинок, крупитчатая структура, переходящая в мелкоореховатую (углы у зерен становятся острее и четче). Оструктурен корнями меньше чем вышележащий горизонт. Появляется слабая горизонтальная слоеватость в структуре горизонта (криогенной природы). Среднее и малое количество щебня и гравия размером от 0.4 до 2.5 см., единичная галька 5 см. В нижней части встречаются включения углей до 0.5 см, отдельные карбонатные включения (0.4–0.5см), в нижней части карбонатные выцветы, единичные островки ожелезнения округлой и овальной формы с плотным ядром d~2см. Вскипает от HCl.

Cca – 56–115 см – коричневый со слабым оливковым оттенком, свежий, средний и тяжелый суглинок, четко выражена крупитчато-плитчатая структура, в нижней части переходит в плитчатую, которая местами ориентирована вокруг гальки и каменистых включений. При разломе и просушке появляется мелкоореховатая, творожистая структура. Встречается выцветы карбонатов, в том числе на корнях растений, скопления светлых зерен по граням структурных отдельностей, редкие железисто-марганцевые конкреции (мало, 0.3–0.5 см, внутри рыже-бурые, снаружи черные, легко ломаются), щебень, гравий 0.5–3 см.

Таким образом, профиль почвы имеет строение AYao-CRM-C. Почвы с таким горизонтным строением в классификации отсутствуют. Аналогичные почвы в работе С.В. Горячкина и В.Д. Тонконогова (2005) было предложено выделять как дерново-криометаморфические. По наличию грубогумусированного материала описанный профиль относится к грубогумусированному подтипу этих почв. Таким образом, на склоне нами описана дерново-криометаморфическая грубогумусовая почва.

Типичная тундровая растительность вогнутых частей склона представлена древовидными формами (Salix, Betula nana, Juniperus), Equisetum (много), Phleum, Bromus inermis, Vaccinium uliginosum, Chamerion angustifolium, Delphinium (единичный). В напочвенном покрове доминируют зеленые мхи. Под типичной тундровой растительностью был описан глеезем типичный с формулой профиля O-G.

Растительность в верхней части на бровке склона представляет собой переход от типичной кустарниковой тундры к травянистой тундре (разнотравно-злаковый луг с редкими кустами ивы). Это наиболее холодный участок склона: зимой снежный покров здесь практически отсутствует из-за сильных южных ветров. Здесь встречаются единичные кусты Salix высотой до 1.5 м (островками), Vaccinium uliginosum, Chamerion angustifolium, Arctostaphylos uva-ursi, Equisetum, Achillea millefolium, Thalictrum, Festuca pratensis, Solidago virgaurea, Veronica sp, Hedysarum alpinium, Delphinium (единичный, мелкий).

Очес моховый – 5–0см – оторфованный, стебли трав, листья, малая примесь минеральной части в виде осветленных зерен

Oh – 0–10см – Темно-серый, пронизан многочисленными корнями, оторфованный, смесь органической части и минеральной, светлые зерна по всему горизонту. В нижней части буровато-черная супесчаная прослойка мелко-комковато-порошистой структуры, прони-

зан корнями, части включения щебня, гравия. Переход от постепенного до четкого, граница волнистая.
CRM – 10–55см – Буровато-серый, влажный, средний и тяжелый суглинок, легко разламывающаяся творожистая структура, есть ярко-рыжие железистые конкреции 0.3–2 см, тонкие корни трав и средние кустарничков, включения щебня. Осветленная (светло-серая, влажная, супесчаная, творожистой структуры) прослойка из нижележащего горизонта. Среднее кол-во корней.
C – 55–62 см – Светло-ярко-рыжий песок с пятнами и прослоями, однородный по гранулометрическому составу, имеет горизонтальную непрочную слоистость, рыжие пятна приурочены к верхней границе.
Данная почва была классифицирована как органо-криометаморфическая перегнойная. Схема профиля Oh-CRM-C.

Таким образом, сравнивая почвы под луговой растительностью на южных склоновых позициях и почвы под типичной тундрой, можно сделать следующие выводы. Почвенный покров склонов южных экспозиций сильно отличается от почв зонального ряда. Для этих участков характерна хорошая дренированность и контрастный температурный режим в течение года. Под естественной луговой растительностью развиваются дерново-криометаморфические грубогумусированные и органо-криометаморфические перегнойные почвы.

Для дерново- и органо-криометаморфических почв характерно образование плотной дернины, корневые системы травянистых растений хорошо оструктуривают почвенный материал. Для верхней части дерново- и органо-криометаморфических почв характерно наличие серогумусового горизонта с включениями грубогумусированного материала. Наличие небольшой слоистости в данном горизонте обусловлено солифлюкционными подвижками почвы и присутствием зеленых мхов в напочвенном покрове. Для верхней части глеезема типичного характерно наличие торфяного горизонта. Его слоистость связана с малыми скоростями и неравномерностью разложения органических остатков, поступающих в почву. При избыточном увлажнении, характерном для типичных тундровых условий, происходит образование и слабое накопление торфа. На более теплых в летний сезон и контрастных по температурному режиму склонах южной экспозиции этот процесс сменяется образованием и накоплением преимущественно грубого гумуса (типа муль-модер и модер-мор). Для минеральной части профиля дерново- и органо-криометаморфических почв характерно отсутствие признаков оглеения почвенной массы по сравнению с типичными глееземами под тундровой растительностью. Минеральная часть почвенного профиля имеет характерную криогенную структуру, что позволяет выделить в почвах криометаморфический горизонт CRM.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Горячкин С.В., Тонконогов В.Д.* Суглинистые почвы тундр европейской территории России: генезис, география, классификация./ Почвы как природный ресурс Севера, Архангельск, 2005., 8–11 с.
2. *Классификация и диагностика почв России* / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.Л. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342с.
3. *Кононенко А.В.* Гидротермический режим таежных и тундровых почв Европейского Северо-востока. –Л.: Наука, 1986. – 144с.
4. *Хантимер И.С.* Сельскохозяйственное освоение тундры - Л.: Наука, 1974. – 227с
5. *Mazhitova G., Lapteva E.* (eds). Trans-Ural Polar Tour. Guidebook. Publishing Service Institute of Biology KSC UD RAS. Syktyvkar, Russia, 2004
6. www.meteo.infospace.ru

УДК 631.436

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕДОТРАНСФЕРНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

О.А. Трошина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

На примере агросерых почв Владимирского ополья показана возможность применения педотрансферных функций (ПТФ) для оценки пространственного распределения НВ. Значения НВ были восстановлены по значениям плотности, коэффициента фильтрации, сопротивления пенетрации, содержанию углерода с помощью ПТФ. В полученных моделях коэффициент фильтрации почвы оказался самым распространенным предиктором. Анализ погрешностей полученных уравнений показал что, при использовании значений свойств на соседних глубинах получаются более статистически достоверные зависимости.

Одной из основных задач почвоведения на всех этапах своего существования была оценка почвенного покрова, отдельных почв как среды обитания растений и возможностей использования почвы в различных отраслях хозяйства. На протяжении всего развития науки о почвах просматривается тенденция перехода от качественных оценок почвенных параметров к их количественному выражению и нахождению функциональных взаимосвязей между свойства (комплексами свойств). Одним из таких путей превращения почвоведения из науки описательной в точную являются педотрансферные функции (ПТФ). Первоначально ПТФ рассматривались как математические функциональные зависимости, позволяющих преобразовывать информацию об основных почвенных (pedo-) свойствах в информацию о характеристиках переноса (transfer) влаги в почве. В настоящее время этот термин используется не только в гидрофизике почв, но и в более широком смысле практически во всех областях почвоведения для обозначения любых математических зависимостей между почвенными свойствами [9].

Педотрансферные функции – это эмпирические зависимости, позволяющие восстанавливать основные гидрофизические функции почв, – прежде всего, основную гидрофизическую характеристику (ОГХ), – по традиционным, известным из материалов Почвенных служб или традиционно определяемым базовым свойствам почв [8].

Идея ПТФ заключается в том, что основываясь на измерении свойств, определение которых требует относительное небольших затрат времени и сил («простые» свойства) по предложенным уравнениям определяются значения энергозатратных свойств и (или) на получения значений которых требуется значительное время («сложные» свойства). «Простота» и «сложность» свойств определяется: 1. приборной базой; 2. методикой определения. Среди физических свойств в качестве «простых» можно выделить – плотность почв, сопротивление пенетрации, число пластичности, значение электропроводности паст и др. Одним из наиболее «сложных» показателей является наименьшая влагоемкость [7].

Возможности применения ПТФ для восстановления значений наименьшей влагоемкости по другим физическим свойствам почв были изучены в ходе агрофизического обследования агросерых почв Владимирского Ополья сотрудниками ВНИИСХ и факультета Почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова.

Среди агросерых почв ополья особый интерес представляют агросерые почвы со вторым гумусовым горизонтом (ВГГ), залегающим на глубине 25–40(60)см в виде линзы серовато-черного гумусированного материала (менее плотные, имеют повышенное содержание гумуса по сравнению с верхним гумусовым горизонтом) [3, 5]. Наличие второго гумусового горизонта влияет на пространственную неоднородность физических свойств почв Владимирского ополья.

© О.А. Трошина, 2009

Существуют различные гипотезы формирования второго гумусового горизонта. Широко распространено мнение, что образование второго гумусового горизонта связано с криогенезом постледниковой эпохи [1, 4].

Обследование агросерых почв Владимирского Ополья проводилось на участке площадью 2.7 га, в пределах которого разместилось 44 точки опробования (расстояние между точками 30 м) (Рис. 1).

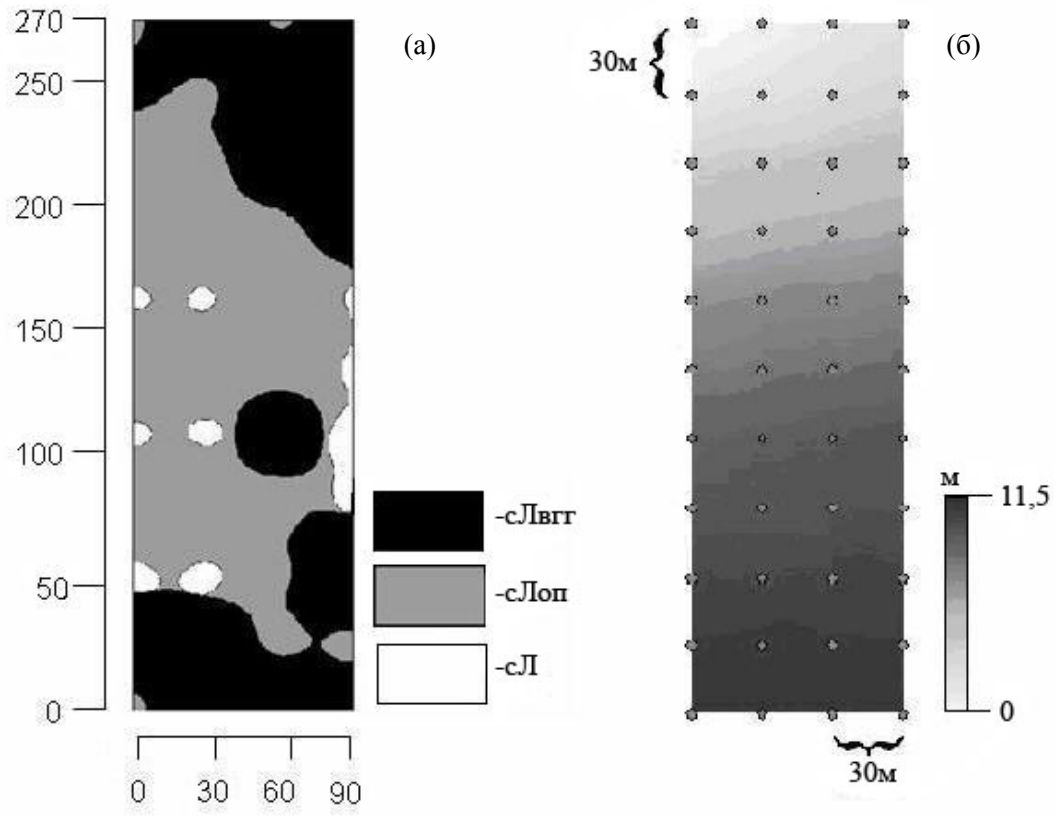


Рисунок 1. (а) Почвенная карта-схема опытного поля ВНИИСХ. (б) Топографическая карта-схема опытного поля ВНИИСХ с методикой полевого опыта. Обозначения почв: сЛвгг – агросерая почва со вторым гумусовым горизонтом; сЛоп – агросерая почва разной степени оподзоленности; сЛ – агросерая почва.

В каждой точке опробования на глубинах 0, 10, 20, 30 и 40 см были определены плотность почвы (бур Качинского), коэффициент фильтрации (метод трубок с постоянным напором и использованием уравнения Хортона), сопротивление пенетрации (твердомер Качинского), влажность почвы, соответствующая НВ* (модифицированный метод), содержания углерода (метод сжигания на приборе «экспресс-анализатор углерода АН – 8012») [6].

Зависимости значений наименьшей влагоемкости от значений плотности почвы, сопротивления пенетрации, коэффициента фильтрации были найдены на глубинах 0, 10, 20, 30 и 40 см. Пригодность предложенной модели была проверена по результатам исследования почв соседнего участка Ополья, полученным сотрудником кафедры физики и мелиорации почв факультета Почвоведения МГУ кандидатом биологических наук Тымбаевым В.Г. (2001 г.).

Для обработки экспериментальных данных был применен пошаговый метод множественной регрессии.

Рассмотрев ряд моделей для указанных выше глубин, были выбраны лучшие регрессионные уравнения линейного вида с учетом значений коэффициентов корреляции (детерминации) и величин остатков [5]:

$NV_0 = 30.14770 - 0.01555*Pr_0 + 0.024299*H$, ($R^2 = 0.66$)

$NV_{10} = 27.8240 + 28.7929*Kf_{10}^{0.5} - 31.1713*Kf_{10} + 14.1843*Kf_0^2$ ($R^2 = 0.62$)

$NV_{20} = 8.2633 + 6.9482*C_{20}^{0.5} + 6.0678*H^{*0.5} - 0.0697*H^3 + 243.8577\ Kf_{30}^3$ ($R^2 = 0.94$)

$NV_{30}=19.009*Kf_{30}^{0.5}+20.314*Kf_{20}^{0.5}+29.676*H^{0.5}-7.649*H-5.056*P_{30}^{3}$ ($R^2=0.85$)

$NV_{40}=98.8457+0.5723*C_{40}^{2}+631.2149*Kf_{30}^{3}-21.9563*Kf_{30}^{0.5}+0.5144*Ah$ ($R^2= 0.90$),

где: NV – наименьшая влагоемкость, % (г/г). P – плотность почвы, г/см^3; Pr – сопротивление пенетрации, кг/см^2; Kf – коэффициент фильтрации, см/сут; Ah – мощность ВГГ, см; цифра после индекса – глубина, на которой было определено свойство.

Из уравнений видно, что коэффициент фильтрации почвы – самый распространенный предиктор в данной системе уравнений. Также было выявлено при анализе погрешностей полученных уравнений что, при использовании значений свойств на соседних глубинах получаются более статистически достоверные зависимости.

Таблица 1. Влияние использования значений свойств на соседних глубинах на значение R^2 множественной регрессии при расчете НВ.

Глубина, см	1*	2**
0	0.54	0.66
10	0.52	0.62
20	0.32	0.94
30	0.47	0.85
40	0.42	0.90

* – использованы значения свойств измеренных только на данной глубине

**– использованы значения свойств измеренных как на данной глубине, так и на соседних глубинах

Проверка рассматриваемых моделей показала, что наибольшие различия между экспериментальными и расчетными значениями обнаруживаются в поверхностных пахотных горизонтах. Вероятно, сельскохозяйственное воздействие приводит к заметной неоднородности почвенного покрова на микроуровне. Наличие отдельных глыб, пустот и т.д. предполагает более тщательное изучение этой части почвенного профиля в целях прогнозирование показателей агрофизического состояния. Повысить качество такого типа работ, по нашему мнению, возможно уменьшая расстояние между точками опробования.

Работа рекомендована к. б. н., с.н.с. Банниковым М.В.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М.* Позднеплейстоценовый криогенез и современное почвообразование в зоне южной тайги (на примере Владимирского ополья)//Почвоведение, 1996, № 9, с. 1056–1064.
2. *Дмитриев Е.А.* Математическая статистика в почвоведении. Москва. 1995.
3. *Макеев А.О.* «Ополье» – Почвы и почвенный покров Владимирского Ополья//Путеводитель научных полевых экскурсий III съезда докучаевского общества почвоведов (11–18 июля 2000 г., Суздаль), М., 2000, с. 11–30
4. *Макеев А.О., Дубровина И.В.* География, генезис и эволюция почв Владимирского ополья// Почвоведение 1990, №7, с. 5–25.
5. *Модель адаптивно-ландшафтного земледелия* Владимирского Ополь /Под редакцией академиков РАСХН В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова. – М.: «Агроконсалт», 2004. 456 с.
6. *Полевые и лабораторные методы исследования* физических свойств и режимов почв: Методическое руководство/ Под ред. Шеина Е.В. - М.: Изд-во МГУ, 2001. 200 с.
7. *Шеин Е.В., Архангельская Т.А.* Педотрансферные функции: состояние, проблемы, перспективы //Почвоведение, 2006, №10, с. 1205–1217.
8. *Шеин Е.В., Карпачевский Л.О.* Толковый словарь по физике почв - М.: ГЕОС, 2003.-126 с.
9. *Development of Pedotransfer Functions* in Soil Hydrology. Edited bu Ya. Pachepsky & W.J. Rawls. 2004. 512 p.

УДК 631.8:631.445.42:504.05

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И МЕЛИОРАНТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ

С.Е. Цыплаков, С.А. Соколова, К.Е. Стекольников,
О.В. Дьяконова, Д.Е. Емельянов, Д.Н. Муратов

Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки

В работе рассматривается влияние органо-минеральной системы удобрений на содержание различных форм тяжелых металлов в черноземе выщелоченном. Проанализированы: контрольный вариант, вариант с внесением двойной дозы минеральных удобрений и вариант с внесением дефеката. Содержание металлов определено атомно-абсорбционным и спектрофотометрическим методами.

ВВЕДЕНИЕ

Состояние ионов металлов, степень их связанности, возможность комплексообразования и миграции в таких сложных гетерогенных системах, как почвы, еще недостаточно изучены. Информация такого рода имеет большое значение для химии окружающей среды, агрохимии, агроэкологии, почвоведения и других наук, изучающих поведение металлов в природных системах. В связи с прогрессирующим загрязнением почв определение содержания соединений железа и других тяжелых металлов, характеризующихся различной степенью взаимодействия с компонентами почвы, является актуальной задачей.

Цель данного исследования: выявить влияние органо-минеральных систем удобрения на содержание различных форм тяжелых металлов в почве.

Задачи:

1) извлечь различные формы ТМ методом последовательной экстракции;
2) выявить влияния применения удобрений и дефеката на содержание различных форм ТМ и их распределение по профилю чернозема выщелоченного.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Чернозем выщелоченный, малогумусный, среднемощный тяжелосуглинистый. Опыт включает 15 вариантов, повторность 4-х кратная. Площадь делянок 192 $м^2$. Образцы отбирались в 3-х кратной повторности с трех повторений опыта послойно, с шагом 20 см до глубины 1.0 м в 2008 г. Были проанализированы варианты, не содержащие минеральных и органических удобрений – абсолютный контроль (Кабс), $N_{120}P_{120}K_{120}$ и с дефекатом.

Определение содержания железа проводилось спектрометрическим методом с сульфосалициловой кислотой на спектрофотометре СФ-26. Относительное стандартное отклонение спектрофотометрического определения не превышало 5 %. Содержание ТМ (Fe, Cd, Zn, Pb, Cu) в вытяжках, полученных методом последовательного фракционирования, было определено на атомно-абсорбционном спектрометре «Спектр-5». Диапазон ошибок составил 2–20 %.

Приготовление почвенных вытяжек

Для определения различных форм ТМ в черноземе выщелоченном сухой массой 7 г (соотношение почва:растворитель 1:10) их последовательно экстрагировали следующими реагентами:

1. солевая вытяжка (1М KCl, pH 7.0) (извлекались катионообменные формы);
2. «кислотное растворение»: вытяжка ацетатно-аммонийная – CH_3COONH_4 с pH 4.8 (извлекались специфически сорбированные и карбонатные формы);

© С.Е. Цыплаков, С.А. Соколова, К.Е. Стекольников, О.В. Дьяконова, Д.Е. Емельянов, Д.Н. Муратов, 2009

3. «редуцирующий» этап: 0.04 моль гидроксиламина $NH_2OH \times HCl$ в 25 % растворе уксусной кислоты, pH 2 (извлекались формы, связанные с оксидами железа и марганца);
4. «окислительный» этап: 0.02 моль HNO_3 в 30 % растворе H_2O_2, доведенном до pH 2 добавлением HNO_3 (извлекались формы, связанные с органическим веществом);
5. «Остаточный этап»: царская водка (ЦВ).

Все вытяжки центрифугировали в течение 10 минут при 3000 оборотах и фильтровали через фильтр «синяя лента» с размером пор 1 мкм.

Использованная в работе система химического фракционирования в общих чертах соответствует основным этапам системы Тессиера [2, 3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Железо содержится в почве в небольшом количестве, что подтверждается полученными нами данными [1]. Содержание его и характер распределения по профилю обусловлены особенностями валового химического состава, поступлением с агрохимикатами и его миграционной способностью (табл.). Индивидуальными геохимическими фазами-носителями железа и, соответственно, других тяжелых металлов в почве являются карбонаты, оксиды и гидроксиды железа и марганца, глинистые минералы, гумусовые вещества.

Катионообменные формы. Максимальное содержание этой формы отмечается по железу на всех вариантах опыта, причем на варианте с двойной дозой NPK самое высокое, а минимальное на варианте с дефекатом. Минимальное содержание этой формы наблюдается по кадмию по всем вариантам опыта. Обращает на себя внимание повышенное содержание цинка, по его содержанию варианты образуют ряд Кабс>деф>NPK.

Физически сорбированные формы. Обращает на себя внимание высокое содержание железа в пахотном слое варианта с двойной дозой NPK, что обусловлено внесением его с удобрениями. На варианте с дефекатом содержание его минимальное по всему профилю. Хорошо выраженный максимум в слое 60–80 см на контроле обусловлен накоплением его в иллювиальном горизонте. Следует отметить, что на всех вариантах опыта наблюдается относительно высокое содержание цинка, причем вновь на варианте с двойной дозой NPK отмечается его максимальное содержание в пахотном слое.

Формы связанные с оксидами Al-Fe-Mn. Вновь видно, что содержание этой формы железа максимально на всех вариантах опыта, однако, минимум вновь на варианте с дефекатом. По цинку наблюдаем знакомую закономерность – повышенное содержание, причем в пахотном слое контрольного варианта и с двойной дозой NPK оно примерно одинаковое, а на варианте с дефекатом оно наименьшее, в сравнении с ними.

Формы связанные с органическим веществом. Отмечается та же закономерность по содержанию железа, максимально количество наблюдается на варианте с двойной дозой NPK, а минимальное – на варианте с дефекатом. Несколько необычно поведение цинка на контроле, где в слое 0–20 см наблюдается его максимальное содержание по сравнению с другими вариантами. Мы считаем, что это обусловлено его меньшим выносом с урожаем сельскохозяйственных культур.

Негидролизуемый остаток в царской водке. Прослеживается выявленная ранее закономерность: максимальное содержание по всему профилю наблюдается по железу, причем наибольшее его содержание отмечается вновь на варианте с двойной дозой NPK. На втором месте по содержанию вновь находится цинк, по возрастанию которого в слое 0–20 см варианты образуют ряд: Кабс<деф<2NPK.

Суммарное содержание. Выявленные нами ранее закономерности полностью подтверждаются. Преобладающими являются железо, на втором месте цинк, на третьем свинец. Как следует из данного рисунка, по суммарному содержанию изучаемые элементы образуют ряд а порядке уменьшения: *железо>цинк>свинец>медь>кадмий*. Следует отметить, что внесение дефеката существенно уменьшает содержание всех тяжелых металлов, особенно в верхней части профиля почвы.

Таблица. Содержание различных форм тяжелых металлов.

Металл	Варианты	Слой, см	Катионно-обменные формы, мг/кг	Физически сорбиров. формы, мг/кг	Формы (мг/кг), связанные		Остаток в ЦВ, мг/кг	∑, мг/кг
					с оксидами Fe, Mn, Al	с орг. веществом		
Cd	Контроль	10	0.08	0.06	0.04	0.07	0.30	0.55
		30	0.07	0.05	0.03	0.07	0.49	0.71
		50	0.09	0.09	0.06	0.06	0.62	0.92
		70	0.03	0.08	0.05	0.08	0.45	0.69
		90	0.06	0.26	0.07	0.08	0.47	0.95
	2NPK	0–20	0.09	0.08	0.01	0.04	0.56	0.78
		20–40	0.05	0.07	0.01	0.01	0.51	0.64
		40–60	0.05	0.07	0.00	0.01	0.62	0.74
		60–80	0.03	0.06	0.01	0.02	0.26	0.38
		80–100	0.06	0.04	0.00	0.01	0.33	0.44
	Дефекат	0–20	0.03	0.07	0.00	0.05	0.33	0.49
		20–40	0.03	0.05	0.00	0.01	0.43	0.52
		40–60	0.02	0.04	0.00	0.03	0.73	0.83
		60–80	0.02	0.05	0.00	0.03	0.52	0.62
		80–100	0.03	0.04	0.00	0.01	0.73	0.82
Cu	Контроль	0–20	0.16	0.21	0.32	0.41	3.02	4.11
		20–40	0.18	0.20	0.26	0.27	4.37	5.27
		40–60	0.16	0.15	0.24	0.28	6.36	7.18
		60–80	0.19	0.10	0.32	0.20	4.99	5.79
		80–100	0.18	0.24	0.36	0.18	4.69	5.65
	2NPK	0–20	0.18	0.17	0.33	0.40	5.33	6.40
		20–40	0.17	0.05	0.26	0.40	5.52	6.40
		40–60	0.17	0.05	0.36	0.49	7.02	8.09
		60–80	0.13	0.10	0.27	0.25	3.02	3.76
		80–100	0.15	0.08	0.18	0.20	3.83	4.43
	Дефекат	0–20	0.18	0.13	0.20	0.38	2.89	3.78
		20–40	0.19	0.07	0.16	0.29	5.14	5.84
		40–60	0.13	0.13	0.47	0.19	7.30	8.22
		60–80	0.16	0.20	0.34	0.20	5.32	6.22
		80–100	0.15	0.14	0.30	0.65	10.07	11.30
Pb	Контроль	0–20	0.12	0.66	1.43	0.70	3.38	6.28
		20–40	0.34	0.29	0.68	0.29	5.02	6.62
		40–60	0.43	0.27	0.48	0.56	7.06	8.79
		60–80	0.25	0.26	0.87	0.32	3.86	5.55
		80–100	0.20	0.62	1.23	0.42	4.64	7.10
	2NPK	0–20	0.16	0.40	1.02	0.63	4.69	6.89
		20–40	0.31	0.77	1.22	0.51	5.31	8.11
		40–60	0.33	0.40	0.95	0.30	7.72	9.69
		60–80	0.47	0.29	1.14	0.21	2.31	4.41
		80–100	0.23	0.56	0.82	0.58	3.14	5.32
	Дефекат	0–20	0.25	1.51	1.28	0.74	2.29	6.07
		20–40	0.38	0.57	1.02	0.31	5.99	8.26
		40–60	0.31	0.82	1.04	0.36	7.77	10.30
		60–80	0.19	1.09	1.29	0.07	5.90	8.52
		80–100	0.28	0.72	1.85	0.40	20.60	23.84

Таблица. Содержание различных форм тяжелых металлов (продолжение).

Металл	Варианты	Слой, см	Катионо-обменные формы, мг/кг	Физически сорбиров. формы, мг/кг	Формы (мг/кг), связанные		Остаток в ЦВ, мг/кг	∑, мг/кг
					с оксидами Fe, Mn, Al	с орг. веществом		
Zn	Контроль	0–20	0.18	1.19	4.58	4.60	5.78	16.34
		20–40	0.13	0.71	2.83	1.81	8.75	14.22
		40–60	0.11	0.45	1.90	0.42	15.58	18.46
		60–80	0.66	0.53	10.46	0.54	8.31	20.50
		80–100	1.18	0.55	4.57	1.71	11.17	19.18
	2NPK	0–20	0.86	1.15	4.01	1.30	8.54	15.87
		20–40	0.36	0.61	2.03	0.38	8.99	12.38
		40–60	0.86	0.73	2.70	1.30	10.56	16.15
		60–80	0.10	0.67	3.07	1.32	6.87	12.03
		80–100	0.39	0.69	9.44	1.50	6.61	18.63
	Дефекат	0–20	0.63	1.04	3.27	1.10	6.87	12.91
		20–40	0.59	0.54	3.08	1.05	8.12	13.38
		40–60	0.60	0.52	2.38	0.27	10.28	14.05
		60–80	2.15	0.45	1.80	1.55	8.19	14.14
		80–100	0.47	0.54	1.86	4.15	20.01	27.02
Fe	Контроль	0–20	1.26	1.15	469.10	165.50	43.18	680.19
		20–40	1.13	0.96	442.00	137.90	54.96	636.95
		40–60	1.22	0.88	464.80	90.93	58.51	616.34
		60–80	1.32	4.24	437.70	47.48	55.82	546.56
		80–100	1.45	0.12	477.80	17.30	53.49	550.16
	2NPK	0–20	1.65	2.12	418.10	208.80	55.75	686.42
		20–40	1.29	0.13	419.80	187.10	55.58	663.90
		40–60	1.21	0.39	422.30	176.60	59.17	659.67
		60–80	0.99	0.21	475.60	67.90	51.43	596.13
		80–100	1.34	0.46	434.30	69.66	47.90	553.66
	Дефекат	0–20	1.08	0.29	374.80	137.30	49.13	562.60
		20–40	0.99	0.229	370.20	97.36	52.59	521.37
		40–60	1.18	0.11	157.70	26.36	57.48	242.82
		60–80	1.17	0.07	422.10	27.32	54.68	505.34
		80–100	1.01	0.10	354.60	101.40	37.88	494.99

ВЫВОДЫ

Проведенная нами математическая обработка результатов анализа позволяет сделать следующие выводы:

1. органо-минеральная система удобрения незначительно повышает содержание ТМ в изучаемой почве, а дефекат снижает;
2. распределение ТМ по профилю соответствует элювиально-иллювиальному типу, что обусловлено дифференциацией почвенного профиля;
3. повышенное суммарное содержание железа наблюдается по всему профилю варианта с двойной дозой минеральных удобрений, а минимальное на варианте с дефекатом;
4. содержание различных форм ТМ на вариантах опыта обусловлено поступлением их в почву с фосфатами;
5. положительная средняя связь установлена по кадмию с величиной pH и ЕКО и по глине, по меди с суммой обменных оснований и ЕКО, по свинцу тесная с содержанием гумуса, средняя с суммой обменных оснований, ЕКО, по цинку средняя с суммой обменных оснований и ЕКО и железу средняя с содержанием гумуса и величиной ЕКО.

6. современное направление в анализе содержания ТМ в почвах выражается не в установлении особенностей действия стандартных, и в поиске новых более селективных химических экстрагентов;
7. содержание Pb, Cd, Cu, Zn в исследуемых образцах не превышает ПДК и свидетельствует о благоприятной эколого-химической обстановке в стационаре.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Водяницкий Ю.Н., Добровольский В.В.* Железистые минералы и тяжелые металлы в почвах. – М.: Почвенный институт им. Докучаева РАСХН, 1998. – 216 с.
2. *Водяницкий Ю.Н.* / Почвоведение, 2006. №10.-С.1190–1199.
3. *Вениционов Е.В.* / Сорбционные и хроматографические процессы, 2007.-Т.7.-Вып. 6. - С. 926–935.

Работа рекомендована д.х.н., профессором Котовым Владимиром Васильевичем.

СОДЕРЖАНИЕ

Докучаевские молодежные чтения 2009 3

Апарин Б.Ф., Новокрещенных Т.А., Сухачева Е.Ю. Почвы озерной котловины оз. Беле республики Хакасия 5

Абакумов Е.В. Микроморфология некоторых антарктических почв из районов расположения российских полярных станций 11

Абакумов Е.В., Кузнецов Ф.А., Шамсимухаметов М.М. Аккумулятивно-гумусовые почвы сыртовых возвышенностей в пределах Самарской области 14

Айсина Н.Р. Естественные и новообразованные аллювиальные почвы Средней Волги 17

Багаутдинова Л.В., Кечайкина И.О., Рюмин А.Г. Характеристика органического вещества погребенных лесостепных почв археологических памятников 23

Бородкин О.И. Динамика фитотоксических свойств почвы в зерносвекловичных агрофитосистемах чернозема выщелоченного 29

Быкова С.Л. Изменение свойств чернозема выщелоченного при длительном сельскохозяйственном использовании 33

Вяль Ю.А., Шиленков А.В., Симоненкова А.В. Изменение структурного состояния и ферментативной активности чернозема выщелоченного под действием демутации 36

Германович Т.М., Царук И.А. Влияние известкования на состояние почвенного плодородия сельскохозяйственных земель Республики Беларусь 41

Горбунова В.С., Галкина А.Б. Экологическое состояние почв и почвенного покрова района «долина реки славянки» ГМЗ «Павловский парк» 45

Гордей Д.А. Экономическая эффективность мероприятий по рекультивации и охране нарушенных и загрязненных почв 48

Гурин П.Д. Количественная оценка функций депо и источника влаги в системе почва-растение 50

Глаголев М.В., Филиппов И.В., Клепцова И.Е., Максютов Ш.Ш. Эмиссия метана из типичных болотных ландшафтов севера Западной Сибири 57

Каганов В.В. Экологические аспекты влияния лесонасаждений на свойства почв лесостепной и степной зон 61

Кокорина Н.Г. Изучение сорбционной способности хитозана с целью очистки почв от нефтепродуктов 65

Константинова Т.А. Погребеные почвы средневековых археологических памятников нижнего Поволховья 69

Коротких М.И. Почвенный покров перспективных объектов сети ООПТ: «Бекарюковский бор» 73

Крохина Е.А. Глеевые и глееватые почвы автономных позиций сельгового ландшафта северо-западного Приладожья 77

Крылова И.Ю. Почвенно-гидрологическое обоснование мероприятий по инженерной подготовке территорий 82

Кузнецов А.В., Богомазова М.В., Балашова А.С., Семенова Е.М., Полтавцева М.В., Нецепляева И.С. Сравнительный анализ агроземов в районе учебно-научной станции «Свирская» 87

Лаптева И.А. Постагрогенная трансформация почв озерно-ледниковых равнин Северо-Запада России 90

Мошкина Е.В. Влияние стоков животноводческих комплексов на экологическое состояние почв прилегающих территорий 94

Очур К.О. Состав гумуса палеопочв Центральной Тувы второй половины голоцена 97

Пироговская Г.В., Исаева О.И. Содержание общего, лабильного, водорастворимого органического вещества и минеральных форм азота в наиболее распространенных почвах республики Беларусь 100

Плеханова Л.Н., Григорьев С.А. Особенности культурных слоев лесостепного Зауралья 104

Прохорова А.В., Плеханова Л.Н. Динамика изменения целлюлазной активности почв на залежных землях 108

Рыжих Л.Ю. Агрохимическая характеристика серых лесных почв опытного поля ТатНИИСХ 112

Сорокин А.П. Пространственная вариабельность влажности почвы в дельте Волги 116

Стольникова Е.В., Ананьева Н.Д. Содержание углерода микробной биомассы, соотношение грибы / бактерии и продуцирование парниковых газов (CO_2, N_2O) дерново-подзолистой почвой при зарастании пашни лесом 120

Селеменева М.В. Опыт сопоставления современных методик оценки почвенного плодородия пахотных почв на примере агрокатены (Московская область) 124

Стретович И.В. Состояние микробных сообществ палеопочв археологических памятников сухостепной зоны как индикатор палеоэкологических условий 129

Стрижакова Е.Р., Петриков К.В., Фадеев С.Н., Бахвалов А.В., Яценко В.С., Васильева Г.К. Влияние углеродного сорбента на скорость детоксикации почвы, загрязненной дизельным топливом 134

Титова А.А. Почвы луговин Большеземельской тундры: факторы формирования, морфология, классификация 138

Трошина О.А. Применение педотрансферных функций для оценки свойств почвенного покрова 142

Цыплаков С.Е., Соколова С.А., Стекольников К.Е., Дьяконова О.В., Емельянов Д.Е., Муратов Д.Н. Влияние применения систем удобрений и мелиорантов на содержание различных форм тяжелых металлов в черноземе выщелоченном 145

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ

***Выпуск* 6 (33)**

Компьютерная верстка А.Г. Рюмина

Печатается без издательского редактирования
Подписано в печать с оригинал-макета заказчика 20.12.2009 г.
Формат 60x84/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Печ. л. 19. Тираж 130 экз. Заказ №

Типография Издательства СПбГУ
199061, г. Санкт-Петербург, Средний пр., 41