

ISSN 1561-1124

МАТЕРИАЛЫ
ПО
ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ

ВЫПУСК 10 (37)



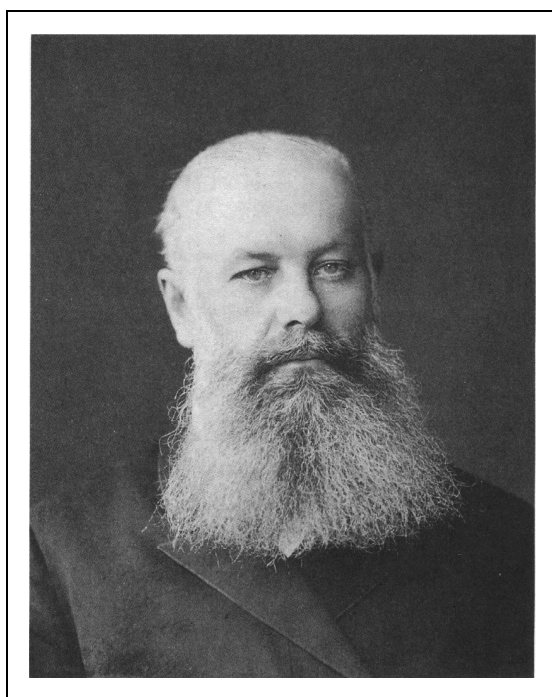
Санкт-Петербург
2017

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

МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ

ВЫПУСК 10 (37)

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



Санкт-Петербург
2017

УДК 631.4
ББК 40.3
М34

Редакционная коллегия: *Б.Ф. Апарин (председатель), К.А. Бахматова, А.М. Булышева, Г.А. Касаткина, А.И. Попов, А.В. Русаков, А.Г. Рюмин, Е.Ю. Сухачева, Н.Н. Федорова, А.А. Шешукова*

Рецензенты:

д.с.-х.н., профессор Б.В. Бабилов, Санкт-Петербургский
государственный лесотехнический университет

д.с.-х.н., член корр. РАН, профессор В.А. Рожков, Почвенный институт им.
В.В. Докучаева

Материалы по изучению русских почв. Вып. 10 (37): Сб. науч. докл. / Под ред.
М34 Б.Ф. Апарина.– СПб, 2017. – 176 с.

В очередном, десятом, выпуске «Материалы по изучению русских почв» (вып. 9 (36) вышел в июне 2017 г.) представлены доклады участников XX Докучаевских молодежных чтений «Почва и устойчивое развитие государства» (2017 г., СПб).

Материалы посвящены широкому кругу проблем почвоведения: генезису, географии, экологии, охране, плодородию почв, рациональному использованию природных ресурсов, пропаганде достижений почвоведения среди широких слоев населения.

Работы представляют интерес для студентов и ученых, работающих в области наук о Земле, экологии, агрохимии, биологии и сельского хозяйства.

ББК 40.3

Материалы опубликованы при поддержке РФФИ
грант № 17-34-10010 мол_г



© Центральный
музей почвоведения
им. В.В. Докучаева, 2017

Материалы
Международной научной конференции
XX Докучаевские молодежные чтения
«Почва и устойчивое развитие государства»

1–4 марта 2017 г.
Санкт-Петербург

20 ЛЕТ ДОКУЧАЕВСКИМ МОЛОДЕЖНЫМ ЧТЕНИЯМ

Е.Ю. Максимова¹, Б.Ф. Апарин^{1,2}, А.Г. Рюмин¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет,

²ФГБНУ ЦМП им. В.В. Докучаева

2017 год стал Юбилейным для студенческих научных конференций «Докучаевские молодежные чтения». Докучаевские молодежные чтения (ДМЧ) являются визитной карточкой докучаевской научно-педагогической школы фундаментального почвоведения г. Санкт-Петербург. Задачи ДМЧ – приобретение опыта публичной защиты собственных результатов научных исследований, установление научных контактов и общение среди сверстников из различных учебных заведений. Особенностью ДМЧ является то, что подготовка и проведение конференции осуществляются студентами, аспирантами кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ и молодыми учеными Центрального музея почвоведения (ЦМП) им. В.В. Докучаева. Оргкомитет ДМЧ формируется из студентов кафедры почвоведения и экологии почв, которые приобретают уникальный опыт организации и проведения крупных научных мероприятий. Ответственными секретарями ДМЧ в свое время были А.В. Русаков, С.Н. Лесовая, Е.В. Абакумов, К.А. Иванова, Е.Ю. Сухачева, А.Б. Галкина, Т.А. Константинова, А.Г. Рюмин, Е.Ю. Максимова.

История ДМЧ началась в 1997 году, когда в СПбГУ была проведена Международная студенческая конференция «Кризис почвенных ресурсов: причины и следствия», в которой приняли участие студенты и аспиранты из России, стран СНГ и Прибалтики. Участники конференции отметили важность для молодежи широкой апробации результатов своих научных исследований и приобретения первых навыков научного общения и высказали желание, чтобы проведение молодежных конференций было ежегодным [3].

Инициатива участников нашла всестороннюю поддержку. На совместном заседании кафедры почвоведения и экологии почв и ЦМП им. В.В. Докучаева было принято решение проводить Всероссийскую ежегодную студенческую конференцию «Докучаевские молодежные чтения», приурочив ее к 1 марта – дню рождения основателя науки о почве профессора СПбГУ В.В. Докучаева. Эта идея была поддержана Ученым советом биолого-почвенного факультета (СПбГУ) и Президиумом Центрального совета Общества почвоведов им. В.В. Докучаева (Москва) [1].

ДМЧ стали самым популярным научным форумом студентов и молодых почвоведов России. Об этом свидетельствует количество участников конференций. Всего за период 1998–2017 гг. было проведено 20 ДМЧ (табл. 1), в которых приняли участие более 3000 человек из 70 ВУЗов и 40 НИИ 50 городов России и стран ближнего и дальнего зарубежья (около 10 стран) (рис. 1). В 2012 году география участников конференции была настолько разнообразной, а заявки были получены не только из различных городов России, но и из других стран, что позволило оргкомитету присвоить ДМЧ статус Международной конференции. В этом статусе конференция проходит 6-й год подряд. В числе организаторов конференции: СПбГУ, ЦМП им. В.В. Докучаева, Фонд сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева, Общество почвоведов им. В.В. Докучаева, МОО «Природоохранный союз».

Самое большое число участников было из МГУ им. М.В. Ломоносова, Почвенного института им. В.В. Докучаева, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Института географии РАН, СПбГУ, СПбГАУ, Казанского (Приволжского) федерального университета, Южного федерального университета.

Таблица 1. Докучаевские молодежные чтения в СПбГУ.

Номер чтений	Год проведения	Тема конференции	Количество участников
	1997	Кризис почвенных ресурсов: причины и следствия	70
1	1998	Почвы и почвенный покров современных наземных экосистем	33
2	1999	Почва. Экология. Общество	270
3	2000	Почвы и биоразнообразие	45
4	2001	Методологические проблемы современного почвоведения	90
5	2002	Сохранение почвенного разнообразия в естественных ландшафтах	136
6	2003	Город. Почва. Экология	96
7	2004	Человек и почва в XXI веке	188
8	2005	Органическое вещество почв в современных наземных экосистемах	51
9	2006	Почвы России: проблемы и решения	141
10	2007	Почвы и техногенез	120
11	2008	Почва как носитель плодородия	95
12	2009	Почвы и продовольственная безопасность России	190
13	2010	Органо-минеральная матрица почв	178
14	2011	Почвы в условиях природных и антропогенных стрессов	270
15	2012	Почва как природная биогеомембрана	250
16	2013	Законы почвоведения: новые вызовы	150
17	2014	Новые вехи в развитии почвоведения: современные технологии как средства познания	220
18	2015	Деградация почв и продовольственная безопасность России	270
19	2016	Почва – зеркало ландшафта	210
20	2017	Почва и устойчивое развитие государства	220



Рисунок 1. География участников Докучаевских молодежных чтений.

Темы ДМЧ, которые всегда предлагают молодые члены оргкомитета, исключительно разнообразны. Они посвящены основным проблемам почвоведения: экологии почв, сохранению почвенного покрова, биологического разнообразия, методологии науки, современным методам изучения почв, продовольственной безопасности России.

Неоднократно ДМЧ проводились в связке с крупными научными мероприятиями – Всероссийской конференцией «Сохраним планету Земля» (в связи со 100-летием ЦМП им. В.В. Докучаева) (2004 г.), III Всероссийской конференцией «Гуминовые вещества в биосфере» (2005 г.), Международной научной конференцией «Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты» (2007 г.) [2], Международной научно-практической конференцией «Плодородие почв – уникальный природный ресурс – в нем будущее России» (2008 г.), V Всероссийской конференцией «Гуминовые вещества в биосфере» (2010 г.) [16] и Международной научной конференцией «Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России» (2011 г.). В таких случаях пленарное заседание конференций проходило совместно. Это давало возможность начинающим исследователям общаться с ведущими специалистами в области почвоведения из разных регионов России и других стран.

XVIII ДМЧ «Деградация почв и продовольственная безопасность России» были посвящены Международному году почв (2015), принятому на заседании Генеральной Ассамблеи ООН. Одной из важнейших задач Международного года почв являлось раскрытие ключевой роли почв с точки зрения продовольственной безопасности, важнейших экосистемных услуг, адаптации к изменениям климата и смягчения их последствий, сокращения масштаба нищеты и обеспечения устойчивого развития государства.

К началу конференции издаются сборники материалов ДМЧ и программа конференции (рис. 2) [4–12]. На протяжении многих лет оригинал-макеты обложек подготавливались доцентом кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ Е.Ю. Сухачевой и старшим преподавателем кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ А.Г. Рюмин. На обложке каждого сборника размещена эмблема ДМЧ (рис. 2). Изначально эмблема создавалась к съезду почвоведов в 1996 г. Идея эмблемы, электронный вариант и последующие модификации принадлежат профессору кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ С.Н. Чукову; первый эскиз сделал будущий главный художник Санкт-Петербурга Г.А. Шереметьев. Окончательный вариант эмблемы, который используется в последние годы, был подготовлен магистрантом кафедры П.Д. Гуриным в 2009 г., а А.Г. Рюмин актуализирует эмблему для каждой последующей конференции. Каждый участник конференции получает папку, в которой размещается печатная продукция: программа и сборник тезисов конференции, блокнот, памятные сувениры и пр. На закрытии конференции все участники получают памятные авторские значки, созданные в рамках конкурса «Я – почвовед!» (авторы: М.К. Захарова, Е.Ю. Сухачева) (рис. 3). Спонсорская помощь в организации и проведении конференции долгие годы оказывают: ЦМП им. В.В. Докучаева, Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) и Фонд сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева (президент фонда В.Н. Батулин).

Традиционно открытие конференции проходит 1 марта в Актовом зале СПбГУ. Именно здесь в 1883 г. прошла успешная защита докторской диссертации В.В. Докучаева «Русский чернозем», ознаменовавшая рождение новой фундаментальной мировой науки «Почвоведение». После официального открытия конференции, на котором выступают бессменный председатель оргкомитета, лидер докучаевской научно-педагогической школы фундаментального почвоведения СПбГУ, заведующий кафедрой почвоведения и экологии почв, директор ЦМП им. В.В. Докучаева, профессор Б.Ф. Апарин, а также приглашенные крупнейшие ученые и первые лица Университета, проходит Пленарное заседание. Если в период 1998–2011 гг. на Пленарном заседании с докладами выступали только ведущие и известные российские и иностранные ученые, то с 2012 года Оргкомитет стал предлагать молодым ученым, студентам и аспирантам с наиболее интересными работами выступить с докладом на Пленарном заседании в актовом зале СПбГУ.

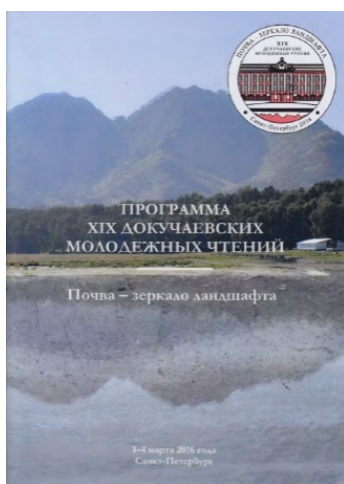
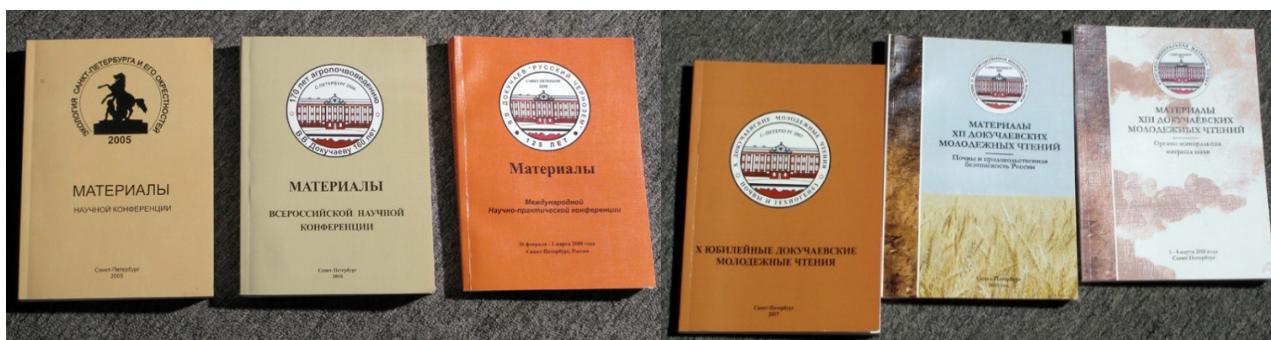


Рисунок 2. Материалы докладов Докучаевских молодежных чтений за разные годы и эмблема XIX Докучаевских молодежных чтений (2016 г).



Рисунок 3. Памятные значки «Я – почвовед!».

С приветствиями к участникам ДМЧ выступали первые лица Университета: ректор СПбГУ профессор Л.А. Вербицкая, первые проректоры по научной и учебной работе СПбГУ, профессора В.Н. Троян и И.А. Горлинский. Среди почетных гостей ДМЧ были: первый декан факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, академик РАН Г.В. Добровольский (рис. 4), декан факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, член-корр. РАН С.А. Шоба, Президент Фонда сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева, д.э.н. В.Н. Батурин, директор Почвенного института им. В.В. Докучаева, академик А.Л. Иванов, академик-секретарь Отделения земледелия РАН, академик А.А. Завалин, председатель МОО «Природоохранный союз», профессор В.М. Тарбаева.

На открытии XX Юбилейных Докучаевских чтений выступал президент Международного союза наук о почве, профессор Токийского университета (Япония) Takashi Kosaki. Он поприветствовал организаторов и участников Чтений и сделал доклад «Soils research for sustainable development of our society» («Почвенные исследования для устойчивого развития нашего общества»).



Рисунок 4. Академик РАН Г.В. Добровольский.

Важным событием для участников конференции является посещение Смоленского кладбища и возложение цветов на могилы основателя науки о почве В.В. Докучаева, его супруги Анны Егоровны и ее матери А.И. Синклер. Здесь последователи великого ученого имеют возможность выразить свое отношение к докучаевскому наследию, и, вспомнив о славном прошлом почвоведения, задуматься о его будущем. В Санкт-Петербурге много памятных мест, связанных с именем В.В. Докучаева, поэтому ни в каком другом городе ДМЧ не могли бы иметь такого яркого эмоционального резонанса. Возложение цветов на могилу основателя науки о почве – акт памяти и преклонения перед выдающимся ученым.

Конференция всегда проходит на 2-х площадках: СПбГУ и ЦМП им. В.В. Докучаева. В залах музея многие молодые почвоведы именно здесь впервые знакомятся с обширными коллекциями почвенных монолитов, тематическими экспозициями, отражающими разнообразие почв биоклиматических зон, различными аспектами воздействия человеческой деятельности на почвы. Ежегодно в рамках конференции на базе музея организуются выставки, посвященные жизненному и творческому пути знаменитых ученых-почвоведов (табл. 2). В Музее проводятся круглые столы на актуальные для молодых ученых темы, такие как «Интеграция российской молодежи в международное научное сообщество почвоведов», «Мотивация получения высшего образования в области почвоведения», «Роль молодых ученых в популяризации науки о почве в Международный год почв».

В последующие дни проведения конференции проходят заседания секций по основным направлениям. Участники ДМЧ не просто докладчики и пассивные слушатели; каждое выступление сопровождается оживленными дискуссиями и горячими спорами, вопросами к докладчикам. Обычно доклады аспирантов и молодых ученых заметно отличаются от студенческих по уровню подготовки, степени выполнения работы и способности держаться на публике и становятся примером для младших коллег. Но и на своем уровне студенты выступают достойно. Кроме того, председателями секций были студенты и магистранты кафедры почвоведения и экологии почв, а в качестве сопредседателей секций оказывали помощь участники из других городов. Председателями каждой секции являются студенты, кураторами – преподаватели: профессора Н.Н. Матинян, Н.П. Битюцкий, А.И. Попов, А.В. Русаков, С.Н. Чуков; доценты Г.А. Касаткина, Н.Н. Федорова, О.В. Романов, Н.Е. Орлова; ст. преподаватель А.А. Шешукова, Е.Е. Орлова.

Доклады и научные дискуссии участников конференции показывают возрастающий с каждым годом уровень научных исследований о почве и высокий инновационный потенциал представленных на конференции работ. Дискуссии и обсуждение научных результатов являются хорошим стимулом для молодых специалистов к поиску оригинальных путей решения тех или иных проблем, своего рода школой научного общения. Участие в конференциях поднимает рейтинг студентов и открывает перспективы для поступления в магистратуру, ас-

пирантуру, учитывается при назначении повышенных или именных стипендий, является стимулом для написания и защиты диссертации. В частности, в 2013 году впервые в рамках ДМЧ на совместном заседании кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ и участников конференции состоялась успешная предзащита участника конференции Р.С. Василевича (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар)) на соискание ученой степени кандидата биологических наук по теме «Молекулярный состав, свойства гуминовых кислот почв тундровой зоны северо-востока Европейской части России».

Таблица 2. Выставки в ЦМП им. В.В. Докучаева, организованные в рамках проведения Докучаевских молодежных чтений.

Год проведения	Название
1999	– К 90-летию со дня рождения В.В. Пономаревой
2000	– К 100-летию со дня рождения Н.П. Ремезова
2001	– К 150-летию со дня рождения А.А. Измаильского – К 70-летию Т.А. Плотниковой – Презентация фильма «Почва – зеркало ландшафта»
2002	– К.И. Шлиппе – первый химик-почвовед – К 175-летию со дня рождения А.В. Советова – К 125-летию со дня рождения Б.П. Плынова – К 100-летию решения об основании Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева – Презентация фильма «Почвы»
2004	– 100 лет Центральному музею почвоведения им. В.В. Докучаева – Красная книга почв Ленинградской области – Презентация видеофильма «SOS – Спасите наши почвы» – Фотовыставка «Родом из земли»
2005	– К 100-летию со дня рождения почвовед, доцента СПбГУ А.Ф. Цыганенко – Выставка «Сквозь тернии...», посвященная программе В.В. Докучаева «Детальное естественно-историческое, физико-географическое и сельскохозяйственное исследование Санкт-Петербурга и его окрестностей» – Фотовыставка «Кривые линии Большого города»
2008	– Презентация иллюстрированного издания книги В.В. Докучаева «Русский чернозем» – Презентация видеофильма «Новые Старые истины»
2009	– Terra incognita – Почвы Алтая – Плоды земные – Маршрутами В.В. Докучаева
2010	– И.В. Тюрин – знакомый и незнакомый – Подземное царство – История исследования почв азиатской части России» – Фотовыставка «Земли терпение»
2012	– Р.В. Ризположенский, 150 лет со дня рождения – Фотовыставка «Родная земля»
2013	– Открытие инновационного научно-образовательного комплекса в стиле Science Art «Шагреновая кожа планеты» – Фотовыставка «Экология мегаполиса»
2014	– К 110-летию Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева
2015	– Фотовыставка «Летние зарисовки»
2016	– К 150-летию со дня рождения П.В. Отоцкого – 170-лет со дня рождения В.В. Докучаева. Докучаевские места в Санкт-Петербурге к 170-летию со дня рождения
2017	– 20 лет Докучаевским чтениям – К.Д. Глинка – 150 лет со Дня Рождения

Многие докладчики участвуют в ДМЧ не в первый раз. Некоторые, будучи еще школьниками, участвовали в Чтениях в рамках специальной традиционной школьной секции, которая впервые была организована в 2002 г. По сравнению с предыдущими чтениями расширилось количество школ и городов-участников школьной секции. Это ярко свидетельствует о живом интересе школьников к проблемам защиты Земли, сохранения почв и почвенного покрова. Участие школьников в Чтениях является элементом сквозной системы экологического образования, разработанной и реализуемой сотрудниками кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ и Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева.

В последний день проведения ДМЧ проходит закрытие конференции, где участники, председатели и кураторы секций подводят итоги, принимают резолюцию и отмечают самые интересные и информативные научные выступления. Резолюция по итогам проведения конференции рассылается всем участникам и заинтересованным лицам. В 2009 году участники единогласно приняли постановление об обращении к Президенту РФ Д.А. Медведеву о принятии Концепции Продовольственной безопасности России и Федерального Закона о Почве.

Все участники награждаются сертификатами, дизайн которых был разработан студенткой кафедры почвоведения и экологии почв М.К. Захаровой (рис. 5), а выдающиеся доклады награждаются дипломами и памятными подарками и рекомендуются к опубликованию в виде статей в периодическом издании СПбГУ «Материалы по изучению Русских почв» [13–15].



Рисунок 5. Сертификат и диплом участника ДМЧ.

Сборник «Материалов по изучению русских почв» был основан А.В. Советовым и В.В. Докучаевым в 1885 г. для публикации работ студентов старших курсов минералогического и агрономического кабинетов физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета. При участии В.В. Докучаева в свет вышло 10 выпусков сборника. В дальнейшем выпуски выходили в свет под редакцией или при участии соратников и учеников В.В. Докучаева: А.В. Советова, Н.П. Адамова, П.А. Земятченского и С.П. Кравкова. Последний дореволюционный выпуск «Материалов по изучению русских почв» вышел в свет в 1917 г. и был представлен работой А.Г. Труслова «Процессы образования «гуминовой кислоты»» (Материалы к изучению почвенного гумуса: В 2 ч. Ч. 1. Петроград, 1917). Решение о возобновлении периодического издания «Материалы по изучению русских почв» было принято постановлением Ученого совета биолого-почвенного факультета СПбГУ по предложению кафедры почвоведения и экологии почв. В 1999 г. в Издательстве СПбГУ вышел 1-й выпуск (28-й по сквозной нумерации) сборника «Материалы по изучению русских почв». Он содержал 30 статей молодых ученых, аспирантов и студентов из 15-ти ВУЗов и НИИ России. Сборник начинался с публикации «заказных докладов» ведущих ученых-почвоведов. За период с 1999 по 2017 гг. вышло 10 номеров «Материалов по изучению русских почв», публикации в которых тематически всегда связаны с соответствующими темами ДМЧ (рис. 6). Это периодическое издание выходит под эгидой СПбГУ и ЦМП им. В.В. Докучаева. В финансировании издания участвовали РФФИ, ЦМП им. В.В. Докучаева и АНО Фонд В.В. Докучаева.

На закрытии XVIII ДМЧ в 2015 году состоялась презентация сайта «Докучаевские молодежные чтения» (www.dokuchaevskie.ru). Сайт предусматривает активный обмен новостями в области почвоведения, впечатлениями о конференциях и фотографиями (разработка сайта – П.В. Ярошевский, администратор – М.А. Лазарева).

Таким образом, за 20 лет ДМЧ стали самой популярной формой научного общения студентов и молодых почвоведов ВУЗов и НИИ различных регионов России и стран ближнего зарубежья.



Рисунок 6. Периодическое издание «Материалы по изучению русских почв».

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов Е.В., Растворова О.Г., Русаков А.В. Докучаевские молодежные чтения в Санкт-Петербургском университете // Почвоведение, 2004, № 4, с. 510–512.
2. Абакумов Е.В., Жуйкова О.А., Рюмин А.Г. Юбилейные Докучаевские молодежные чтения в Санкт-Петербургском университете // Почвоведение, 2008. – № 5. – С. 636–637.
3. Апарин Б.Ф., Гурин П.Д., Константинова Т.А. Двенадцатые Докучаевские молодежные чтения // Вестник РФФИ, № 3–4 (67–68), июль–декабрь 2010. С. 6–11.
4. Материалы Всероссийской научной конференции XII Докучаевские молодежные чтения, посвященной 130-летию первой генетической почвенной классификации В.В. Докучаева «Почвы и продовольственная безопасность России». Санкт-Петербург, 2009.
5. Материалы Всероссийской научной конференции XIII Докучаевские молодежные чтения «Органно-минеральная матрица почв». Санкт-Петербург, 2010.
6. Материалы Всероссийской научной конференции XIV Докучаевские молодежные чтения, посвященной 165-летию со дня рождения В.В. Докучаева «Почвы в условиях природных и антропогенных стрессов». Санкт-Петербург, 2011.
7. Материалы Международной научной конференции XV Докучаевские молодежные чтения, посвященной 150-летию со дня рождения Р.В. Ризположенского «Почва как природная биогеомембрана». Санкт-Петербург, 2012.
8. Материалы Международной научной конференции XVI Докучаевские молодежные чтения, посвященной 130-летию со дня выхода в свет книги «Русский чернозем» В.В. Докучаева «Законы почвоведения: новые вызовы». Санкт-Петербург, 2013.
9. Материалы Международной научной конференции XVII Докучаевские молодежные чтения, посвященной 110-летию Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева «Новые вехи в развитии почвоведения: современные технологии как средства познания». Санкт-Петербург, 2014.
10. Материалы Международной научной конференции XVIII Докучаевские молодежные чтения, посвященной Международному году почв 2015 «Деграляция почв и продовольственная безопасность России». Санкт-Петербург, 2–5 марта 2015 г.

11. *Материалы Международной научной конференции XIX Докучаевские молодежные чтения, посвященной 170-летию со дня рождения В.В. Докучаева «Почва – зеркало ландшафта»*. Санкт-Петербург, 1–4 марта 2016 г.
12. *Материалы Международной научной конференции XX Докучаевские молодежные чтения, посвященной Году экологии-2017 в России «Почва и устойчивое развитие государства»*. Санкт-Петербург, 1–4 марта 2017 г.
13. *Материалы по изучению Русских почв*. Вып. 7 (34): Сб. науч. докл. / Под ред. Б.Ф. Апарина. СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2012.
14. *Материалы по изучению Русских почв*. Вып. 8 (35): Сб. науч. докл. / Под ред. Б.Ф. Апарина. СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2014.
15. *Материалы по изучению русских почв*. Вып. 9 (36): Сб. науч. докл. / Под ред. Б.Ф. Апарина. СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2017.
16. Чуков С.Н., Рюмин А.Г., Кечайкина И.О. V юбилейная Всероссийская конференция «Гуминовые вещества в биосфере» // Почвоведение, 2010. – № 9. – С. 1143–1145.

УДК 631.48

ПОЛИГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ НА ПОКРОВНЫХ СУГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МЕЖДУРЕЧЬЯ БОРИСОГЛЕБСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

П.В. Андреев¹, Т.А. Верлова¹, И.Г. Шоркунов², А.В. Русаков¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле,

²Институт географии РАН

ВВЕДЕНИЕ

Дерново-подзолистые почвы, входящие в отдел Текстурно-дифференцированных почв, без сомнения, относятся к самым загадочным объектам генетического почвоведения. Более чем за 100 лет исследований до сих пор не создана единая, непротиворечивая генетическая модель: не определён паритет ортоэлювиального выветривания – оподзоливания, лессиважа и партлюваии, элювиально-глеевого процесса, – с одной стороны, и субаэральной седиментации и полигенеза, – с другой. Полигенетические модели учитывают лишь голоценовые стадии эволюции профиля и почвенного покрова, прорабатывавшие осадки с одной – современной – поверхности, а также предшествующий поздневалдайский криогенный этап. С этими почвенно-генетическими вопросами неразрывно связана проблема генезиса и хронологии т.н. покровных пылеватых суглинков. Это особенно актуально для междуречий краевой зоны финального этапа днепровско-московского оледенения, где общий возраст рельефа – позднемосковский, но плакорные поверхности, в отличие от подчинённых аккумулятивных позиций, не содержат погребённых почв (и осадков), соответствующих последующим микулинскому межледниковью и средневалдайскому интерстадиалу.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Ключевой участок исследования расположен на северо-восточном макросклоне Борисоглебской возвышенности – изометричном конечно-моренном образовании одной из краевых областей днепровско-московского среднеплейстоценового континентального оледенения к северо-востоку от Смоленско-Московской возвышенности и к северу от Клиско-Дмитровской гряды. С запада и северо-запада возвышенность обрамляет Волжско-Нерльская низменность, с севера и северо-востока – обширная Верхневолжская низменность (базис эрозии – р. Волга, урез на отметках 86–84 м абс.), с востока – котловина озера Неро (урез

Исследование выполнено в рамках работы по проекту РФФИ № 16-35-00605-мол_а.

© П.В. Андреев, Т.А. Верлова, И.Г. Шоркунов, А.В. Русаков, 2017

93.2 м абс.). Северо-восточный макросклон возвышенности представляет собой пологоволнистую, глубокорасчленённую вторичную моренную равнину, нисходящую к комплексу террас озера Неро серией плоскогребенчатых гряд и холмов. Опорный разрез π -pedone

линейными размерами $\sim 4 \times 4 \times 4$ м вскрывает почвы и отложения вершины междуречного холма в точке с координатами 57.16594° с.ш. и 39.23799° в.д., абс. на высоте 214 м. абс. Естественный фитоценоз – дубово-кленовый широколиственный лес с участием осины, рябины и вяза.

В основе работы лежит методология иерархического-морфогенетического исследования, рассматривающая объект в последовательном ряду разрезов: начиная с уровня почвенного покрова (диапазон линейных разрезов – $n \cdot 10^0$ – $n \cdot 10^3$ м), продолжая уровнями литолого-почвенного профиля (макроуровень – $n \cdot 10^0$ – $n \cdot 10^2$ м), отдельных макроморфонов (мезоуровень – $n \cdot 10^{-1}$ – $n \cdot 10^{-4}$ м) и заканчивая субмикронным строением твердофазного каркаса почвы и седиментов (микро- и субмикроуровни – $n \cdot 10^{-2}$ – $n \cdot 10^{-8}$ м). Объект исследования – сложно организованная последовательность разновозрастных осадков и развитых в них признаков почвообразования округлой вершины плоского террасированного холма – водораздела постоянных водотоков р. Мазихи и р. Шугорки. Литологическое и стратиграфическое исследование территории проведено с помощью сети буровых колонковых профилей и опорного разреза π -pedone. Работа в опорном разрезе производилась исследованием всего объема грунта сверху вниз путём последовательного изучения уровней горизонтальных и вертикальных срезов и срезосмазов; ограниченный срезами объем просушивался и разбирался в целях изучения структурной организации. Наиболее представительные участки строения отобраны в 70 монолитных образцах, в первом приближении проведено исследование морфологической организации и вещественного строения на мезо- и микроуровнях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Буровое профилирование показало, что кровля основной фации морены заключительной фазы днепровско-московского оледенения фрагментарно перекрывается абляционной мореной и образует замкнутое понижение с центром в вершине современного холма: глубина залегания морены от актуальной поверхности варьирует от 2 м на бортах погребённой западины до > 9 м в днище. Морена в прибровочных частях погребённой западины и на внешних склонах холма перекрыта гетерогенным комплексом монотонных неслоистых красновато- и жёлто-бурых пылеватых бескарбонатных суглинков, лишённых щебнистых и песчаных включений, мощностью 2.0–2.5 м; суглинки имеют покровный характер простираения.

Плоская вершина холма, исследованная опорным разрезом, имеет более сложное строение и представляет собой заполнение исходной моренной западины (рис. 1). Кровля морены разрезом и буровым профилем не вскрыта и располагается на глубине более 9 м.

Двучленный комплекс озёрно-ледниковых осадков. Морену перекрывает мощная (> 5 м) пачка песчано-суглинистых контрастно-крупнослоистых щебнистых карбонатных озёрно-ледниковых осадков ($lg_1 Ims$ на рис. 1). Кровля пачки нерегулярно-крупноволнистая, вскрывается разрезом и буровыми профилями в диапазоне глубин 3.20–4.35 м. Состоит из переслоев разнозернистых песков и плотных бурых-красновато-бурых суглинков. Границы слоёв нерегулярно-волнистые, переходы резкие. Мощности слоёв увеличиваются от 0.05–0.25 до 0.40–0.70 м от кровли пачки к подошве; насыщенность щебнистыми включениями возрастает к низу пачки, преобладает гравий и галька известняков 1–2 класса окатанности, отмечены отдельные осколки кремней. Суглинистые слои содержат больше включений, чем песчаные. Верхние слои (2–3 слоя) отличаются преимущественно бескарбонатной или слабо карбонатной основной вмещающей массой по сравнению с нижележащими – карбонатными и суглинками, и песками. Верхние суглинистые слои содержат разреженную мелкую крошку карбонатного песка с ореолом карбонатной пропитки ~ 50 – 200 μ м. Переход к перекрывающей пачке резкий, на контакте тонкий (2–5 см) суглинистый буро-красный бескарбонатный прослой.

$lg_2 Ims$ – неконтрастно-тонкослоистая пачка озёрно-ледниковых седиментов. Залегает согласно с пачкой $lg_1 Ims$. Кровля пачки нерегулярно-крупноволнистая, располагается в пределах 1.8–3.2 м, нарушена мощными криоструктурами, развитыми в вышележащих осадках и

пробивающих пачку до глубины 3.2 м. Тонкие слои пачки имеют крупноволнистое залегание, согласное с нерегулярно-крупноволнистой границей кровли пачки lg_1Ims . Граница кровли пачки нерегулярно-волнистая с периодом волн 0.4–0.7 м и амплитудой 0.2–0.4 м, вертикальный переход от постепенного (в пределах 0.15–0.30 м – с пачками pr_1Ims и pr_1IIIvl) до резкого (с пачками pr_2Ims и pr_2IIIvl). Включает отдельные редкие зёрна карбонатного песка с ореолом карбонатной пропитки ~ 50–200 мкм.

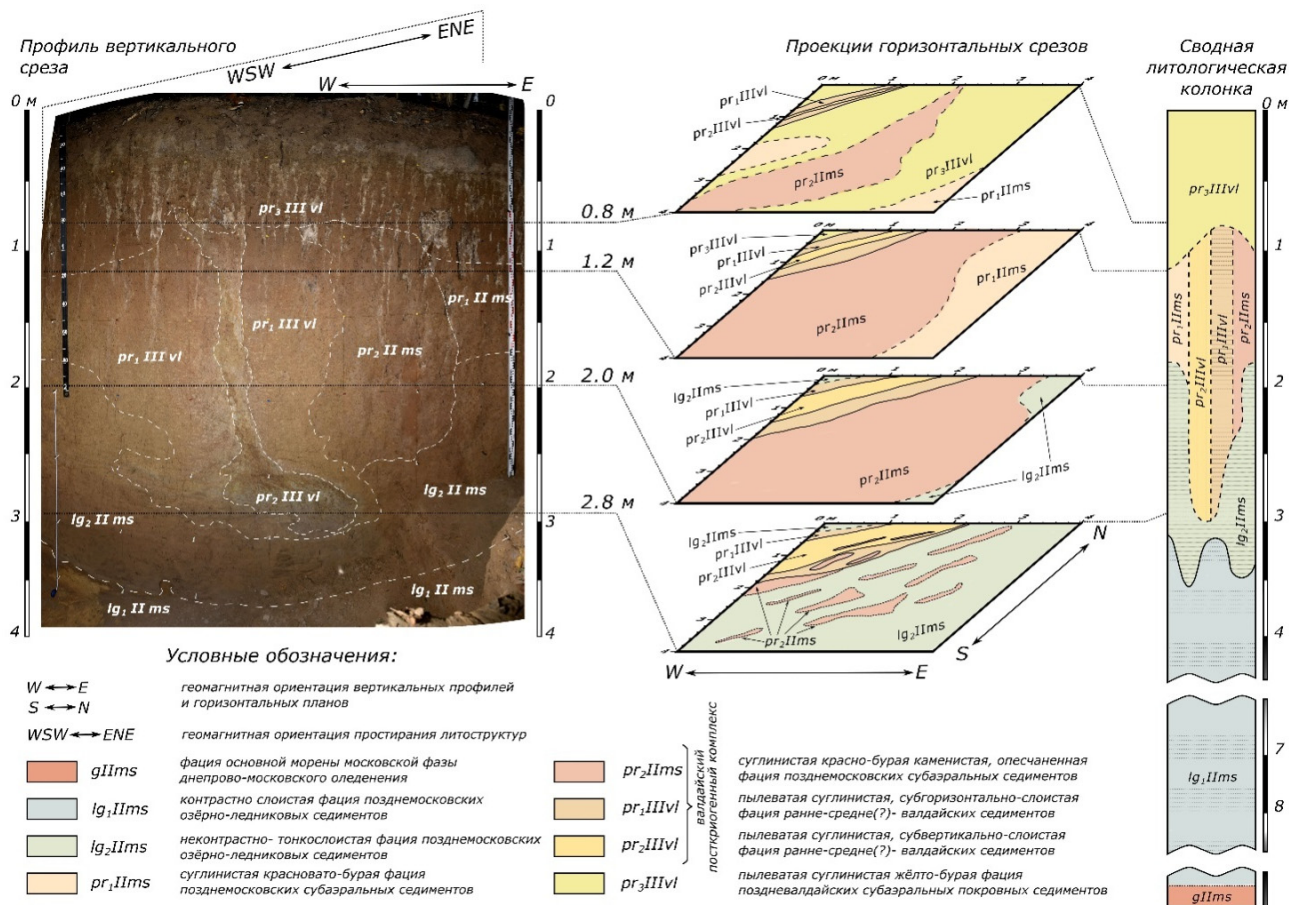


Рисунок 1. Литолого-стратиграфическое строение опорного разреза π -pedone. Северо-восточный макросклон Борисоглебской возвышенности.

4х-членный комплекс средне-позднеплейстоценовых осадков. Поверх пачки lg_2Ims согласно залегает однородная литоструктура красновато-бурого пылевато-илового суглинка pr_1Ims , лишённого песчаных и щебнистых включений. Суглинок плотного компактного сложения, не имеет слоистой текстуры – однороден по всему объёму. Переход к нижележащей пачке lg_2Ims постепенный (в пределах 0.15–0.30 м), общий характер границы – слабо-волнистый. Контакт с прилегающей литоструктурой – pr_2Ims – вертикальный, переход резкий; с прилегающей литоструктурой – pr_1IIIvl – вертикальный, переход постепенный в пределах 0.1–0.2 м. Согласно перекрывается желтовато-бурым иловато-пылеватом суглинком pr_3IIIvl покровного характера простираения.

pr_2Ims – неоднородный красно-бурый пылевато-иловатый опесчаненный суглинок плотного компактного сложения – плотнее pr_1Ims – с рассеянными редкими одиночными и концентрированными скоплениями щебнистых включений (преобладают щебень и гравий карбонатных пород и кремней, отдельные включения щебня и гравия гранитоидов). Отдельные линзы буро-красного – тёмно-красного мелкого песка плотного сложения – изометричные и дугообразно вытянутые снизу вверх. Литоструктура имеет дискретный пространственный характер, – изометричная или имеет простираение по азимуту ~ 60°. Стереометрически аппроксимируется округло-плосковершинным конусом с резкими контрастными вертикальными границами со всеми прилегающими литоструктурами.

pr₁IIIvl – неоднородный контрастный субгоризонтально-ячеисто-слоистый пылеватый суглинок плотного компактного сложения – наименее плотного из группы литоструктур. Основная вмещающая масса состоит из двух морфонов: светлого желтовато-светло-серого пылеватого и серо-жёлто-бурого иловато-пылеватого материала; контакт морфонов резкий. Вертикальный контакт со структурами *pr₂IIms* и *pr₂IIIvl* резкий. Согласно перекрывается суглинком *pr₃IIIvl*, переход заметный в диапазоне 0.05–0.10 м.

pr₂IIIvl – неоднородная вертикально-слоистая литоструктура, вытянутая по азимуту ~ 60°. Прослеживается в диапазоне глубин 0.8–3.2 м, вмещена литоструктуру *pr₁IIIvl*, снизу несогласно внедряется в озёрно-ледниковые осадки *lg₂IIms*, согласно перекрыта суглинком *pr₃IIIvl*. Имеет вертикально ориентированную контрастно-слоистую текстуру, обусловленную прослоями и линзами пылеватого, иловато-пылеватого и иловатого материала различных тонов.

pr₃IIIvl – желтовато-бурый иловато-пылеватый однородный суглинок без включений. Залегает согласно поверх 4х-членного комплекса средне-позднеплейстоценовых осадков, имеет покровный характер простираения – прослеживается на всех элементах рельефа вплоть до низких террас озера Неро. С поверхности осадка развит профиль голоценовой текстурно-дифференцированной почвы.

В исходном неоднородном осадочном плаще развит профиль дневной текстурно-дифференцированной почвы, подразделяющийся на группы горизонтов: поверхностный ветровальный комплекс (AY, EL, ELhh, BEL1), комплекс текстурных горизонтов (BEL1, BEL2, BT). Поверхностный ветровальный комплекс представляет собой систему протяжённых горизонтов и их отдельных морфонов различной мощности и протяженности. Комплекс текстурных горизонтов определяется исключительно густотой сети пор плоскостей и пор трубок и закономерностями распространения в них кутанного комплекса, фактически является иллювиальной толщей. Кутанный комплекс исследованной толщи подразделен на три морфотипа: многослойный, инфиллинги и папулы.

Многослойный. Покрывает поверхности и заполняет пространство системы пор-плоскостей, пор-трубок и визикулярных пор. Выделяется три пачки микрослоев: (1) нижний слой – красно-бурая тонкая континуальная кутана, выстилающая сплошным покровом поверхности системы пор-плоскостей и отдельных пор-трубок и визикулярных пор. Покрывает педы всех порядков в горизонтах BEL2 и BT. Имеет мощность 10–20 мкм, компактное сложение отдельных микрослоев и плотное компактное сложение пачки в целом; (2) вторая пачка – мощные темно-бурые (до темно-серых) илистые кутаны, выстилающие поверхности пор-плоскостей, отдельных пор-трубок и визикулярных пор. Покрывает педы крупных порядков, имеет мощность 20–200 мкм, в заполнениях пор-плоскостей крупных порядков, отдельных порах-трубках и визикулярных порах может достигать нескольких сантиметров. Отдельные микрослои имеют компактное сложение, пачка в целом – некомпактная. Слои плоские или волнистые. Общий характер волнистости формирует характерный рисунок течения; (3) венчающая пачка – покров из зерен пылеватой фракции с чистыми поверхностями (силтаны). Покрывает плоскости первого типа сплошным покровом, второго типа – фрагментарным (серповидно-ячеистый рисунок), участвует в заполнениях пор-трубок и визикулярных пор.

Инфиллинги – неслоистые или неконтрастнослоистые иловато-пылеватые серые или серо-бурые заполнения и покровы пор-трубок и части визикулярных пор. Являются результатом актуальной партлювации.

Папулы приурочены исключительно к литоструктуре *pr₁IIIvl* (рис. 1). Изометричные (3–7 мм) красно-желто-бурые морфоны в общей ячеисто-слоистой толще. Сложение плотное, компактное, плотнее вмещающей массы. Состоят из фрагментов пачек микрослоев илистых кутан сложной формы, слои разделены системой субмикронных кристаллов окислов железа и марганца. Включают отдельные зерна пылеватой фракции. Морфологически не связаны с вмещающей массой. По всей видимости, являются фрагментами кутан пор-трубок и пор-плоскостей, не связанных с многослойным морфотипом кутанного комплекса, представляют собой реликтовый морфон древней (доголоценовой) ТДП.

Процессно-генетическая модель педолитогенеза. Педолитогенез на междуречье Борисоглебской возвышенности в первом приближении можно аппроксимировать следующей процессно-генетической моделью (рис. 2). Графический вариант модели составлен в системе координат, где по вертикальной оси отложены изменения (приращения и сокращения) мощности осадочной толщи, а также ее проработка педогенезом, а горизонтальная ось представляет собой градуированную шкалу времени. Условно педолитогенез можно разделить на шесть фаз.

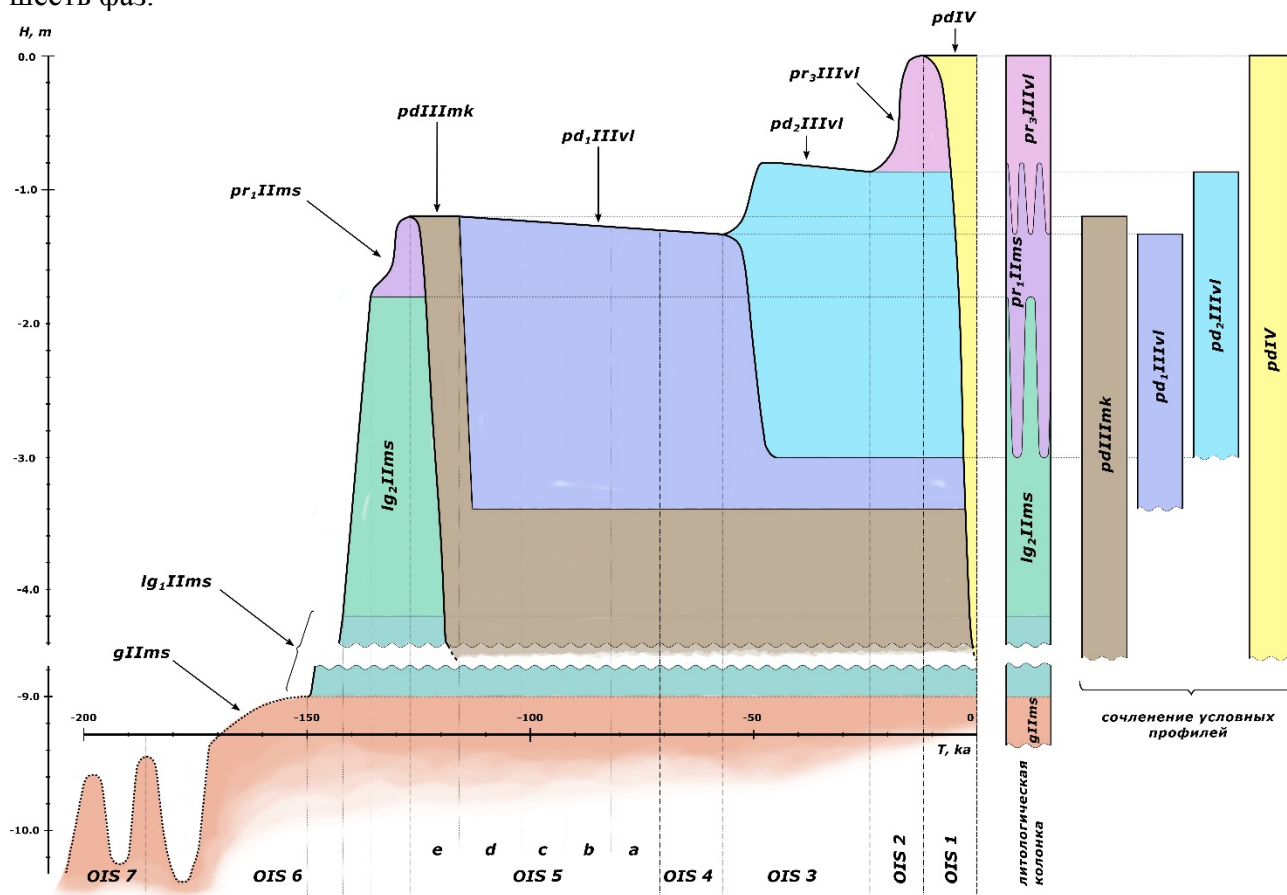


Рисунок 2. Процессно-генетическая модель педолитогенеза. Опорный разреза π -pedone. Северо-восточный макросклон Борисоглебской возвышенности.

Фаза I. Формирование первичной ледниковой возвышенности, сложенной различными фациями морены московского возраста. К этому этапу относится деградация московского ледникового щита, остаточное накопление и постепенное разрушение крупных глыб мертвого льда. Обильное таяние глыб способствовало накоплению флювиогляциальных осадков и формированию каскада небольших приледниковых озер. К этому времени относится накопление нижней фации озерно-ледниковых осадков – мощной контрастно-слоистой суглинисто-песчаной щебнистой карбонатной толщи (lg_1IIm s). Финальная стадия существования озер маркируется неконтрастно-тонкослоистой фацией озерно-ледниковых осадков (lg_2IIm s), залегающей согласно с нижележащей пачкой. Общая крупная нерегулярная волнистость слоев обеих пачек свидетельствует о самостоятельном криогенном этапе позднемосковского возраста.

Фаза II. Накопление субэзальных пылевато-илистых безвалунных однородных осадков плащеобразного характера залегания – финал позднемосковского времени (pr_1IIm s). Формирование стабильной поверхности в конце московского времени.

Фаза III. Проработка исходной трехчленной толщи (вершина междуречья) почвообразованием, формирование самостоятельно профиля текстурно-дифференцированной почвы (вероятно микулинское межледниковье, $pdIIIImk$).

Фаза IV. Длительный этап формирования толщи многолетнемерзлой породы в исходном трехчленном литокомплексе и профиле микулинской текстурно-дифференцированной почвы. К этому же этапу относится формирование мощных криотурбационных нарушений исходной (pr_1Ims , lg_2Ims) осадочной толщи: изометричные структуры бугров пучения (pr_2Ims), сформированные из материалов исходных осадков, и структур заполнения межбугорных понижений (pr_1IIIvl). В толще заполнения межбугорного понижения (pr_1IIIvl) формировались структуры с выраженной вертикальной слоистостью и линейным простираем (азимут – 60°), прослеживающиеся на глубинах 0.8–3.2 м (pr_2IIIvl).

Фаза V. Субэральная седиментация иловато-пылеватого желто-бурого безвалунного однородного суглинка покровного характера простираения. Плащеобразный характер залегания позволил проследить фацию pr_3IIIvl во всех элементах рельефа северо-восточного склона Борисоглебской возвышенности, что выявило залегание этого суглинка поверх погребенных почв средневалдайского возраста в аккумулятивных террасах малых эрозионных форм ручья Пужбол, лежащих ниже по склону, что свидетельствует о поздневалдайском возрасте поверхностного покровного суглинистого плаща Борисоглебской возвышенности. Формирование стабильной поверхности, усадка, усыхание и криогенное полигональное растрескивание исходной осадочной толщи (ярославский криогенный горизонт).

Фаза VI. Полигенетическое голоценовое почвообразование в итоговом педолитокомплексе по текстурно-дифференцированному типу.

ВЫВОДЫ

1. Междуречья северо-восточного макросклона Борисоглебской возвышенности выполнены сложным комплексом осадков, представляющих последовательные серии. *Серия 1:* комплекс ледниковых, водно-ледниковых и/или озёрно-ледниковых седиментов среднеплейстоценового возраста с признаками постлитогенных криотурбаций и согласно залегающий субэральный пылевато-иловатый однородный седимент позднемосковского возраста, имевший покровный характер залегания. *Серия 2:* группа признаков постлитогенного межледникового позднеплейстоценового почвообразования в осадочной толще серии (1). *Серия 3:* преобразование верхних 2 м осадочного комплекса (1) в сложный четырёхчленный комплекс криоструктур интенсивным позднеплейстоценовым криогенезом; субэральный иловато-пылеватый однородный седимент поздневалдайского возраста, имеющий покровный характер залегания. *Серия 4:* группа признаков постлитогенного межледникового голоценового почвообразования в педолитокомплексе серий 1–3.

2. Помимо всего набора признаков, относящихся к голоценовому почвообразованию, в педолитокомплексе междуречья определена группа признаков, не связанная с актуальной поверхностью и относящаяся к постлитогенному позднеплейстоценовому почвообразованию межледникового типа. Эти признаки (реликтовый кутанный комплекс) фрагментированы и неравномерно распределены в теле педолитокомплекса последовавшим позднеплейстоценовым развитым педолитогенезом криотурбационного типа. Таким образом, сложный комплекс осадков междуречий северо-восточного макросклона Борисоглебской возвышенности, помимо голоценового, включает, по меньшей мере, два позднеплейстоценовых условных уровня почвообразования с полностью вложенным типом сочленения.

3. Сложные осадочные серии междуречий северо-восточного макросклона Борисоглебской возвышенности могут быть определены как педолитокомплексы и содержат информацию о непрерывном плакорном почвообразовании на протяжении всего позднего плейстоцена и голоцена.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА НИТРИФИЦИРУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. АТАМАНСКОЕ

А.В. Горовцов, Е.Ф. Асташова, А.С. Саламова, И.В. Замулина

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

ВВЕДЕНИЕ

Развитие цивилизации и рост урбанизации вызывают усиление вмешательства человека в природный комплекс. Вследствие нарушения естественных ландшафтов, загрязнения разнообразными твердыми, жидкими и газообразными отходами снижается устойчивость территорий, повышается степень экологического риска для всех компонентов окружающей среды, в том числе для почв. Мощным антропогенным фактором деградации почв является загрязнение их тяжелыми металлами (ТМ) в результате деятельности предприятий промышленности. Почвенная биота первой реагирует на эти загрязнения. Среди почвенных микроорганизмов наиболее чувствительными, как правило, оказываются те, которые обладают низкой скоростью роста. Одной из перспективных групп бактерий для мониторинга загрязнения ТМ являются нитрификаторы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Озеро Атаманское расположено в Каменском районе Ростовской области вблизи хутора Филлипенков и представляет собой высохшее старичное озеро, потерявшее связь с р. Северский Донец. Вследствие длительного промышленного химического загрязнения (с начала 50-х годов XX века), в донных отложениях озера и почвах, примыкающих к нему территорий, наблюдается чрезвычайно высокая концентрация ТМ.

Активность нитрификации оценивалась по методике [1], основанной на инкубировании почвы с субстратным раствором сульфата аммония в присутствии ингибитора второй стадии нитрификации – хлората натрия, или без него. При этом параллельно оценивались два процесса: окисление аммония до нитрита, проводимое нитрозными бактериями, или нитрификаторами 1 стадии, и окисление нитрита до нитрата, проводимое нитратными бактериями – нитрификаторами 2 стадии.

Для оценки влияния уровня загрязнения тяжелыми металлами на интенсивность нитрификации использовался непараметрический статистический критерий – ранговый коэффициент корреляции Спирмэна, так как распределение отличалось от нормального.

Содержание валового элементного состава ТМ в почвах и донных отложениях определяли рентгенофлуоресцентным методом на приборе Спектроскан МАКС-GV. Данный метод основан на сборе и последующем анализе спектра, возникающего при облучении исследуемого материала рентгеновским излучением.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Данные о валовом содержании тяжелых металлов в образцах почв и донных отложений озера Атаманское представлены в табл. 1.

В исследованных образцах почв и донных отложений наблюдается значительное превышение ПДК по ряду тяжелых металлов. Так, наиболее сильно выражено загрязнение почв и донных отложений цинком – превышающее ПДК в 653 раза, свинцом в 72 раза и мышьяком в 37 раз. Загрязнение медью, хромом, кобальтом и никелем выражено слабее, но также превышает ПДК (загрязнение медью в 9.5 раз, кобальтом в 2.5, хромом в 2.4 никелем в 2 раза). Та-

ким образом, наблюдается выраженное и длительное полиметаллическое загрязнение, оказывающее влияние на физико-химические и биологические свойства почв.

Таблица 1. Валовое содержание тяжелых металлов в образцах почв и донных отложений оз. Атаманское (0–20 см), ppm.

Номера площадок мониторинга	Zn	Pb	As	Cr	Cu	Co	Ni
74	40597.9	2300.6	372.2	240.5	285.6	79.4	145.3
34	49124.3	298.0	55.0	187.0	132.4	36.8	74.5
42	65310.8	159.6	–	133.8	391.8	52.2	163.5
27	10496.0	804.2	–	145.1	75.8	18.7	71.2
20	2298.8	1474.0	242.6	119.1	38.3	–	41.3
16	97.9	29.4	–	100.3	49.8	15.0	57.2
28	59887.3	548.1	93.2	182.4	526.9	115.2	265.6
12	694.3	13.6	9.3	95.3	40.1	2.8	60.1
15	1978.6	73.5	–	107.7	53.4	19.8	65.0
4	299.5	52.9	–	104.1	52.2	6.1	74.0
6	119.6	8.9	7.5	64.2	17.5	4.5	18.6
1	142.4	2.1	5.8	46.9	3.5	12.8	–
57	49198.1	1591.2	–	154.1	146.9	26.9	80.5
24	1067.7	88.8	–	69.4	23.6	–	58.0
56	57978.0	223.4	–	142.0	375.0	51.6	152.4
2	54.9	25.0	9.4	51.4	7.0	9.1	–
ПДК	100.0	32.0	10.0	100.0	55.0	50.0	85.0

По результатам исследований, представленных в табл. 2, было установлено, что во всех случаях интенсивность первой стадии нитрификации выше. Это связано как с особенностями методики эксперимента, так и с тем, что в природных условиях две группы нитрифицирующих бактерий функционируют в тесной взаимосвязи и нитриты, являющиеся продуктами жизнедеятельности нитрификаторов первой группы, сразу же используются нитрификаторами второй группы, что предотвращает накопление этих токсичных анионов.

Таблица 2. Интенсивность нитрификации в образцах почв и донных отложений оз. Атаманское.

№ площадки мониторинга	Интенсивность 1 стадии нитрификации, мкг N-NO ₂ / г абс. сух. почвы / ч	Интенсивность 2 стадии нитрификации, мкг N-NO ₃ / г абс. сух. почвы / ч
74	0.012±0.015	0.010±0.012
34	0.221±0.011	0.057±0.014
42	0.054±0.004	0.000±0.000
27	0.000±0.000	0.000±0.000
20	0.012±0.008	0.003±0.005
16	0.094±0.011	0.062±0.010
28	0.104±0.015	0.030±0.013
12	0.440±0.012	0.238±0.038
15	0.248±0.005	0.124±0.006
4	0.683±0.058	0.276±0.056
6	0.486±0.030	0.289±0.031
1	0.168±0.023	0.168±0.020
57	0.028±0.014	0.010±0.012
24	0.448±0.106	0.241±0.114
56	0.017±0.021	0.025±0.022
2	0.139±0.052	0.102±0.056

В образцах почвы, отобранной на пашне, где уровень загрязнения ТМ не превышает ПДК, отмечается наиболее высокий уровень нитрификации первой стадии – 0.683 мкг N-NO₂/г абс. сухой почвы/ч. Высокие содержания тяжелых металлов в исследуемых объектах ведут к ингибированию интенсивности процесса нитрификации. В донных отложениях нитрификация была подавлена полностью, либо снижена (0.012–0.017 мкг N-NO₂/г абс. сухой почвы/ч), вследствие серьезного нарушения микробного сообщества. В одном случае (мониторинговая площадка № 42) отмечена нулевая активность второй стадии нитрификации при сниженной, но фиксируемой активности первой стадии, что говорит о процессе накоплении нитритов в почвенном растворе.

В табл. 3 показано, что не все элементы оказывали достоверное влияние на нитрификационную активность. Было выявлено, что интенсивность нитрификации 2 стадии оказалась самым чувствительным показателем к повышенному содержанию тяжелых металлов (As, Co, Pb, Cr, Zn, Cu, Ni). Очень сильной, достоверной отрицательной корреляцией ($r = -0.905$) была связана с данным показателем концентрация As. Сильные отрицательные корреляции отмечены для Pb и Co ($r = -0.774$ и $r = -0.779$ соответственно). С концентрацией Cr, Cu и Zn наблюдались достоверные отрицательные корреляции средней силы. Интенсивность нитрификации 1 стадии достоверно коррелировала с As, Pb, Co, Cr и на уровне тенденции с Zn и Cu.

Таблица 3. Значения коэффициента корреляции Спирмэна при оценке взаимосвязи микробиологических показателей с валовым содержанием ряда элементов.

Металл	Интенсивность 1 стадии нитрификации	Интенсивность 2 стадии нитрификации
Cr (ppm)	-0.574	-0.692
Co (ppm)	-0.644	-0.779
Ni (ppm)	-0.327	-0.473
Cu (ppm)	-0.465	-0.623
Zn (ppm)	-0.494	-0.686
As (ppm)	-0.810	-0.905
Pb (ppm)	-0.709	-0.774

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Наиболее высокий уровень нитрификации наблюдался в образце с пашни, где уровень ТМ не превышал ПДК, и составил 0.683 мкг N-NO₂/г абс. сухой почвы/ч для 1-ой стадии и 0.276 мкг N-NO₂/г абс. сухой почвы/ч для 2-ой стадии;

2. Интенсивность нитрификации 1 стадии достоверно коррелировала с As, Pb, Co, Cr и на уровне тенденции с Zn и Cu;

3. Наиболее чувствительным микробиологическим показателем полиметаллического загрязнения является активность второй стадии нитрификации;

4. Для 2 стадии нитрификации концентрация As была связана с данным показателем очень сильной, достоверной отрицательной корреляцией ($r = -0.905$). Также отмечены сильные отрицательные корреляции для Pb и Co ($r = -0.774$ и $r = -0.779$ соответственно). С концентрацией Cr, Cu и Zn наблюдались достоверные отрицательные корреляции средней силы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sauv  S., Dumestre A., McBride M., Gillett J.W., Berthelin J., Hendershot W. Nitrification potential in field-collected soils contaminated with Pb or Cu. Applied Soil Ecology, 12(1), 29–39, 1999.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Т.М. Минкиной.

ВЛИЯНИЕ ОЧИСТКИ РАСТВОРОВ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА МИТОТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС КЛЕТОК КОРНЕВОГО АПЕКСА ГОРОХА И ЛУКА РЕПЧАТОГО

Д.Ф. Гюльтер

Санкт-Петербургский государственный университет

Сравнивались биологическая активность нейтрализованных пирофосфатных растворов гуминовых веществ и этих же растворов, прошедших очистку с помощью диализа. Установлено, что нейтрализованные пирофосфатные вытяжки гуминовых веществ (0.001 мг С/мл) и их диализованные растворы, достоверно вызвали увеличение митотического индекса в апикальных корневых клетках и лука (*Allium cepa* L.), и гороха (*Pisum sativum* L.). Диализ нейтрализованных пирофосфатных вытяжек гуминовых веществ не оказал существенного влияния на величину митотического индекса апикальных корневых клеток обоих растений.

ВВЕДЕНИЕ

Гуминовые вещества (ГВ) – тёмноокрашенные природные амфифильные высокомолекулярные органические азотсодержащие рандомизованные редокс-гетерополимеры арилгликопротеидной природы, являющиеся мультифункциональными полиамфолитами. Биологическая активность ГВ – одно из важных их свойств, которое обуславливается разносторонними свойствами специфических этих соединений и определяется наличием разнообразных функциональных групп, коллоидными свойствами и биохимическим составом [13]. Биологическая активность ГВ чаще всего оценивается на основе определения увеличения всхожести семян, длины стеблей и корней, а также массы проростков растений [3, 11, 21, 22, 25, 27]. Однако эти методы требуют значительного времени и строгой стандартизации условий выращивания проростков растений. Одним из быстрых и воспроизводимых методов биотестирования физиологически активных веществ является определение величины митотического индекса (МИ) клеток корневых апексов растений [5, 6, 23].

Цель данной публикации – продемонстрировать влияние ГВ, с последующим диализом и без такового, на митотический индекс клеток корневых апексов гороха (*Pisum sativum* L.) и лука репчатого (*Allium cepa* L.).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Нами исследовались растворы ГВ, которые были выделены из гумусовых горизонтов миграционно-мицелярного чернозёма (Государственный природный заповедник «Белогорье», Белгородская область) и его пахотного аналога (Белгородская область, ООО «Митроорг»), тёмно-серой среднесуглинистой почвы (Государственный природный заповедник «Белогорье», Белгородская область), а так же погребенной почвы (предположительно чернозёма) и тёмно-серой тяжелосуглинистой (фоновой) почвы (скифское городище рядом с ПГТ Борисовка Белгородской области).

Биологическая активность растворов ГВ оценивалась по значению митотического индекса (МИ) корневых апикальных клеток как гороха, так и лука. Гуминовые вещества из почв выделяли щелочными пирофосфатными растворами [9], после чего растворы нейтрализовались серной кислотой (до pH ~ 7). Одна часть растворов осталась без изменений, вторая часть растворов перед тестом была очищена от минеральных солей диализом через целлофановую мембрану.

Полученные растворы ГВ разбавляли дистиллированной водой до концентрации углерода 0.001 %. В экспериментах корневые апексы проростков в течение 24 часов обрабатывали собственно нейтрализованной пирофосфатной вытяжкой и диализированной пирофосфатной вытяжкой ГВ. Контролем служили корни проростков, выращенных на дистиллированной воде и нейтрализованном пирофосфатном растворе, соответственно. Для определения митотической активности в клетках апикальной меристемы проростков гороха, его семена проращивали в чашках Петри в дистиллированной воде в течение 3-х суток. Перед проращиванием все семена и сосуды стерилизовали водным раствором перманганата натрия для

снижения возможного инфицирования растений свободноживущими и фитопатогенными микроорганизмами. Луковички (*Allium cepa* L.) проращивали в пробирках, заполненных дистиллированной водой, также в течение 3-х суток.

Корневые апексы проростков (и гороха, и лука) в течение 24 ч обрабатывали нейтрализованными пирогосфатными растворами ГВ и водными растворами, прошедших очистку диализом. Контролем служили корни проростков, выращенных на дистиллированной воде. Для каждого варианта опыта было проанализировано не менее 1500 клеток. Митотический индекс (МИ) определяли по стандартной методике, а его величину определяли по формуле [16]:

$$МИ = \frac{\Sigma(I + P + M + A + T)}{\Sigma(I + P + M + A + T)} \times 1000$$

где *I* – интерфазы, *P* – профазы, *M* – метафазы, *A* – анафазы, *T* – телофазы.

Все полученные экспериментальные данные подвергались математической обработке методами вариационной статистики [15]. Повторность была пятикратная. Оценка существенности различия между выборочными средними (между выборочными средними вариантов) проводилась с помощью дисперсионного анализа. Кроме того, были вычислены значения частных и общих значений функции желательности по Е. Харингтону [26]. Обобщённая функция желательности является одним из наиболее удобных способов построения обобщённого отклика [7, 8, 17]. В основе построения этой обобщённой функции (*D*) лежит идея преобразования натуральных значений частных откликов (*d_i*) в безразмерную шкалу желательности или предпочтительности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В ходе эксперимента было выявлено, что ГВ нейтрализованных растворов пирогосфата натрия без диализа и с диализом достоверно увеличивали величину митотического индекса корневых апексов и лука, и гороха (табл. 1, 2).

Нейтрализованные пирогосфатные вытяжки ГВ из всех горизонтов достоверно вызвали увеличение МИ в апикальных корневых клетках лука. При этом в нижнем слое пахотного горизонта величина МИ существенно уменьшалась, а в естественных почвах (чернозём миграционно-мицелярный и тёмно-серая почва) с глубиной величина митотического индекса возрастала (табл. 1). По всей видимости, это связано с особенностями биохимического состава ГВ или высокой чувствительностью выбранного метода биодиагностики.

Гуминовые вещества нейтрализованных растворов пирогосфата натрия без диализа также значимо повышали величину МИ апикальных корневых клеток гороха относительно контроля (табл. 1). Выявлен общий тренд в уменьшении биологической активности ГВ, выделенных из более глубоких слоев гумусовых горизонтов по сравнению с верхней частью гумусовых горизонтов, как естественных, так и пахотных почв. Митотический индекс клеток корневого апекса под действием ГВ относительно контроля возрастал от 40 до 280 % (в 1.4–3.8 раза).

Гуминовые вещества, прошедшие диализную очистку (табл. 1), во всех исследуемых вариантах достоверно увеличили величину МИ клеток корневого апекса лука по сравнению с контролем. Наименьшим значением МИ обладали ГВ, выделенные из образца погребённого чернозёма миграционно-мицелярного, что, скорее всего, вызвано биохимическими изменениями ГВ. Гуминовые вещества, выделенных из более глубоких слоев гумусовых горизонтов по сравнению с их верхней частью, как естественных (чернозём миграционно-мицелярный и тёмно-серая почва), так и пахотной почвы (агрочернозём миграционно-мицелярный), были более биологически активными. Митотический индекс клеток корневого апекса под действием ГВ относительно контроля возрастал от 30 до 220 % (в 1.3–3.2 раза).

При сравнении влияния ГВ в пирогосфатном растворе на величину МИ корневых клеток апекса, как в случае гороха, так и в случае лука, с помощью двухфакторного дисперсионного анализа (табл. 2), было установлено, что в большинстве случаев (в 6-ти из 9-ти) влияние ГВ, находящихся в нейтрализованном растворе пирогосфата натрия, на МИ клеток апекса гороха было выше, по сравнению МИ клеток апекса лука. Указанное различие может объясняться разным строением транспортной системы двудольных и однодольных растений [4].

Таблица 1. Величины митотического индекса клеток корневых апексов растений.

Объект	Лук		Горох	
	Пирофосфатный раствор ГВ	Раствор ГВ после диализа	Пирофосфатный раствор ГВ	Раствор ГВ после диализа
Контроль	33	24	27	23
AU1–ЧММ	37	50	103	89
AU2–ЧММ	44	77	43	66
PU1–АЧММ	51	32	61	65
PU2–АЧММ	45	51	39	38
[AU]–ПП	42	31	48	90
AU–ТСП	38	47	95	69
AEL–ТСП	48	52	70	46
AU–ФТСП	42	49	86	58
$F_{\text{факт.}}$	3.85	22.76	61.98	48.31
F_{05}	2.32	2.32	2.32	2.32
HCP_{05}	3.4	5.0	5.5	6.2
$F_{\text{факт.}}$	14.34		55.98	
F_{05}	1.80		1.80	
HCP_{05}	4.1		5.0	

Примечания: здесь и далее, ЧММ – чернозём миграционно-мицелярный, АЧММ – агрочернозём миграционно-мицелярный, ПП – погребённая почва (предположительно чернозём), ТСП – тёмно-серая почва, ФТСП – фоновая (тёмно-серая) почва; $F_{\text{факт.}}$ – критерий Фишера фактический, F_{05} – критерий Фишера теоретический (при 95 % уровне вероятности), HCP – наименьшая существенная разность.

Таблица 2. Влияние на величину митотического индекса клеток корневых апексов растений пирофосфатного раствора ГВ и его же после диализа.

Объект	Пирофосфатный раствор ГВ		Раствор ГВ после диализа	
	Лук	Горох	Лук	Горох
Контроль	33	27	24	23
AU1–ЧММ	37	103	50	89
AU2–ЧММ	44	43	77	66
PU1–АЧММ	51	61	32	65
PU2–АЧММ	45	39	51	38
[AU]–ПП	42	48	31	90
AU–ТСП	38	95	47	69
AEL–ТСП	48	70	52	46
AU–ФТСП	42	86	49	58
F _{факт.}	44.56		44.63	
F ₀₅	1.80		1.80	
HCP ₀₅	4.6		3.3	
Влияние фактора А (объектов)				
F _{факт.}	36.60		47.65	
F ₀₅	2.19		2.19	
HCP ₀₅	3.3		3.3	
Влияние фактора В (растений)				
F _{факт.}	129.81		97.69	
F ₀₅	4.01		4.01	
HCP ₀₅	1.6		1.7	
Совместное влияние факторов АВ				
F _{факт.}	40.34		34.04	
F ₀₅	2.19		2.19	
HCP ₀₅	1.2		1.2	

При выявлении действия растворов ГВ, прошедших диализ, на величину МИ корневых клеток апекса и гороха и лука (табл. 2), было установлено, что в ГВ, выделенные из верхней части гумусовых горизонтов тёмно-серых почв, пахотного и целинного чернозёмов миграционно-мицелярных, а также погребённой почвы, оказывали большее биологическое действие на клетки корневых апексов гороха, по сравнению с клетки корневых апексов лука. Интересно, что ГВ, выделенные из нижней части гумусовых горизонтов указанных почв более сильно увеличивали величину МИ клеток корневых апексов лука, по сравнению с МИ клеток корневых апексов гороха. По нашему мнению, данное явление может быть связано с возможными различиями в биохимическом составе ГВ, исследованных объектов, и, как следствие, проявлении поверхностно-активных свойств, а также с физиологическими различиями двудольных и однодольных растений.

На основании того, что не было выявлено существенных различий между действием ГВ нейтрализованных пиродифосфатных растворов и таковых, прошедших диализ, нами был рассчитан такой интегральный показатель, как обобщённая функция желательности (табл. 3). Этот показатель свидетельствовал о том, что биологическое действие ГВ, выделенных из всех исследованных объектов, было идентичным – «очень хорошим», тогда как контроль – «удовлетворительным».

Таблица 3. Значения частных и обобщённых величин функции желательности по Е. Харингтону, рассчитанных на основе митотического индекса.

Объекты исследования	Частные функции желательности				Обобщённая функция желательности, D	Качественная характеристика обобщённой функции желательности
	Лук, ПР ГВ	Горох, ПР ГВ	Лук, ДР ГВ	Горох, ДР ГВ		
	d1	d2	d3	d4		
Контроль	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	Удовлетворительное
AU1–ЧММ	0.91	1.00	1.00	1.00	0.98	Очень хорошее
AU2–ЧММ	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	Очень хорошее
PU1–АЧММ	1.00	1.00	0.98	1.00	0.99	Очень хорошее
PU2–АЧММ	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	Очень хорошее
[AU]–ПП	0.99	1.00	0.97	1.00	0.99	Очень хорошее
AU–ТСП	0.90	1.00	1.00	1.00	0.97	Очень хорошее
AEL–ТСП	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Очень хорошее
AU–ФТСП	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	Очень хорошее

Примечания: ПР ГВ – нейтрализованный пиродифосфатный раствор гуминовых веществ; ДР ГВ – диализированный раствор гуминовых веществ.

Гуминовые вещества по характеру действия на растения – неспецифические регуляторы роста [12]. Биологический эффект ГВ на высшие зелёные растения связан с тем, что эти специфические вещества проникают в растения (но не обязательно в цитоплазму) и участвуют в различных биохимических и биофизических процессах [13]. Возможность поступления сложных органических молекул в растения через корневую систему и их дальнейшая ассимиляция являются хорошо доказанным фактом [1, 2, 10, 18–20, 24, 28]. Как следует из научной литературы, ГВ положительно влияют на все фазы митотического цикла клеток и вызывают увеличение значений митотического индекса в 1.5–2.0 раза [5], а отдельные фракции ГВ в 8 раз [14].

ВЫВОДЫ

1. Нейтрализованные пирофосфатные вытяжки ГВ из всех горизонтов и их диализованные растворы достоверно вызвали увеличение митотического индекса в апикальных корневых клетках и лука и гороха.
2. Диализ нейтрализованных пирофосфатных вытяжек ГВ не оказал существенного влияния на величину митотического индекса апикальных корневых клеток ни в случае лука, ни в случае гороха.
3. Величины митотического индекса апикальных корневых клеток гороха были больше, чем таковые лука: в 1.4–3.9 и 1.1–3.2 раза выше контроля, соответственно.
4. Обобщенный показатель функции желательности Е. Харингтона свидетельствовал о том, что биологическое действие ГВ, выделенных из всех исследованных объектов, было идентичным – «очень хорошим», тогда как контроль – «удовлетворительным».

ЛИТЕРАТУРА

1. Алёшин С.Н., Тюнеева Т.Н. О питании растений молекулярными органическими соединениями почвы // Известия Моск. с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева. 1956. Вып. 2 (12). С. 231–232.
2. Ваксман С.А. Гумус, происхождение, химический состав и значение его в природе. М.: Сельхозгиз, 1937. 471 с.
3. Воронина Л.П., Якименко О.С., Терехова В.А. Оценка биологической активности промышленных гуминовых препаратов // Агрохимия. 2012. № 6. С. 50–57.
4. Гамалей Ю.В. Флоэма листа: развитие структуры и функций в связи с эволюцией цветковых растений. Л.: Наука, 1990. 144 с.
5. Горовая А.И. Влияние гумусовых соединений и пестицидов на митотический цикл меристем корней // Клеточный цикл растений: Матер. 1-го Всесоюзн. совещ. (сент. 1981 г., г. Канев) / Отв. ред. И.Н. Гудков. Киев: Наукова думка, 1983. С. 195–196.
6. Дмитриева С.А., Минибаева Ф.В., Гордон Л.Х. Митотический индекс меристемных клеток и рост корней гороха *Pisum sativum* при действии модуляторов инозитольного цикла // Цитология. 2006. Т. 48. № 6. С. 475–479.
7. Зазнобина Н.И. Оценка экологической обстановки в крупном промышленном центре с помощью обобщенной функции желательности (на примере города Нижнего Новгорода) // Вестник Нижегород. ун-та им. Н.И. Лобачевского. 2007. № 2. С. 115–118.
8. Карташова Т.М., Штаркман Б.И. Обобщенный критерий оптимизации – функция желательности // Кибернетика: информационные материалы. М.: АН СССР, 1970. № 8 (45). С. 53–63.
9. Кононова М.М., Бельчикова Н.П. Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв // Почвоведение. 1961. № 10. С. 75–88.
10. Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 463 с.
11. Лисовицкая О.В., Терехова В.А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Докл. по экол. почвоведению. 2010. Вып. 13. № 1. С. 1–18.
12. Овчинникова Т.Ф. Влияние гидрогумата гуминового препарата из торфа на пролиферативную активность и метаболизм дрожжевых микроорганизмов // Гуминовые вещества в биосфере / Биол. науки / Научн. докл. высш. школы. 1991. № 10 (334). С. 87–90.
13. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / Под ред. Е.И. Ермакова. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. 248 с.
14. Попов А.И., Вишняков А.Э. Оценка биологической активности гуминовых веществ на основе определения величины митотического индекса // Доклады по экологическому почвоведению. 2013. Вып. 18. № 1. С. 214–225.
15. Попов А.И., Игамбердиев В.М., Алексеев Ю.В. Статистическая обработка экспериментальных данных: Методическое пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2009. 50 с.

16. Пухальский В.А., Соловьев А.А., Бадаева Е.Д., Юрцев В.Н. Практикум по цитологии и цитогенетике растений // Учебное пособие для студентов агрономических специальностей. М.: КолосС, 2007. 200 с.
17. Туев В.В., Федченко П.П. Применение функции «желательности» Харрингтона для оценки динамики гумуса почв // Исследование Земли из космоса. 1997. № 1. С. 98–104.
18. Фокин А.Д., Ибрагимов К.Ш. Поступление органических веществ в растения из растительных остатков, разлагающихся в подзолистой и дерново-подзолистой почвах // Известия Моск. с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева. 1983. Вып. 6. С. 74–80.
19. Христева Л.А. Роль гуминовой кислоты в питании высших растений и гуминовые удобрения // Труды Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1951. Т. 38. С. 10–21.
20. Шулов И.С. Исследование в области физиологии питания высших растений при помощи методов изолированного питания и стерильных культур // Известия Моск. с.-х. ин-та. 1913. Кн. 19.
21. Якименко О.С., Терехова В.А. Гуминовые препараты и оценка их биологической активности для целей сертификации // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1334–1343.
22. Czerniawska-Kusza I., Ciesielczuk T., Kusza G., Cichoń A. Comparison of the Phytotoxkit microbiotest and chemical variables for toxicity evaluation of sediments // Environmental toxicology. 2006. T 1. № 4. С. 367–372.
23. Fiskesjö G. Assessment by Measuring the Mean Root Growth of Onions (*Allium cepa* L.) // Environmental Toxicology and Water Quality: An International Journal. 1993. V. 8. P. 461–470.
24. Flaig W. Uptake of organic substances from soil organic matter by plant and their influence on metabolism // Pontif. Acad. Sci. Scri. 1968. V. 32. P. 723–770.
25. Foerster B., Firla C., Junker T. Plant Tests // Ecotoxicological Characterization of Waste: Results and Experiences of an International Ring Test / Eds. Heidrun Moser and Jörg Römbke. – Springer Science + Business Media, LLC 2009. P. 117–128.
26. Harrington E. The desirability function // Industrial Quality Control. 1965. V. 21. No. 10. P. 494–498.
27. Sujetovienė G., Griauslytė L. Toxicity assessment of roadside soil using wild oat (*Avena sativa* L.) and cress (*Lepidium sativum* L.) morphometric and biochemical parameters // Environ. Res. Engineer. Manag. 2008. V. 46. № 4. P. 29–35.
28. Vaughan D., Ord B.G. Uptake and incorporation of ¹⁴C-labelled soil organic matter by roots of *Pisum sativum* L. // J. Exp. Botany. 1981. V. 32. P. 679–687.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор от всей души благодарит доцента кафедры зоологии беспозвоночных биологического факультета СПбГУ А.Э. Вишнякова за помощь в выполнении работы и добрые человеческие отношения.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. А.И. Поповым.

СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ БИОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ C:N, C:P и N:P В РАСТЕНИЯХ, МИКРОБНОЙ БИОМАССЕ И ПОДВИЖНЫХ ФОРМАХ ПОЧВЫ

Д.М. Дударева¹, А.К. Квиткина²

¹Пушкинский государственный естественно-научный институт,

²Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино

В вегетационном опыте изучали влияние засухи на стехиометрию C:N:P. Постоянная засуха приводила к уменьшению микробной биомассы. В остальном содержание как углерода, так и фосфора в корнях, подвижных формах и микробной биомассе не зависело от режима увлажнения.

ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата, проявившееся в последние десятилетия XX в., существенно влияет на круговорот углерода, азота и фосфора в агроэкосистемах. Неблагоприятным последствием глобального потепления является повышение засушливости климата на значительной территории России [4]. Длительные засухи, чередующиеся с обильным выпадением осадков, приводят к аридизации климата не только в регионах с прогнозируемым снижением количества осадков, но и в областях, где количество осадков увеличивается [1].

Снижение продуктивности при засухе можно компенсировать, выращивая засухоустойчивые сорта и оптимизируя минеральное питание [3]. Для регулирования минерального питания необходима информация об изменениях содержания C, N и P в растениях, в виде подвижных форм в почве и в микробной биомассе в зависимости от продолжительности засухи. В своих исследованиях мы использовали подход экологической стехиометрии [7] и определили молярное соотношение C:N:P в растениях, микробной биомассе и в подвижных формах в почве. Расчет стехиометрических соотношений позволил оценить сбалансированность азотного и фосфорного питания растений в условиях постоянной и переменной засухи.

Целью нашей работы являлось определить соотношение C:N:P при абиотических стрессах в растениях кукурузы, подвижных формах, экстрагируемых из почвы, и в микробной биомассе.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В эксперименте использовали серую лесную почву (бывшая опытная полевая станция ИФХиБПП РАН, г. Пушкино Московской области), отобранную с глубины 0–20 см на луговом участке (Сорг. = 0.9 %, рН = 5.6, ППВ = 46 % весовых). Подробные почвенные характеристики и состав ценоза описаны в работе Ермолаева и Ширшовой (1994)[2]. Почву высушивали до воздушно-сухого состояния, просеивали через сито 3 мм, отбирали корни и растительные остатки, затем расфасовывали в сосуды по 3.6 кг. Перед посадкой растений почву в сосудах увлажнили до 70 % ППВ.

Кукурузу (*Zea mays* L.) выращивали в оранжерее в сосудах при постоянном весовом контроле влажности. Затем моделировали три варианта увлажнения в течение вегетационного сезона (90 сут.) в трёх повторностях: контроль (постоянное оптимальное увлажнение 70 % ППВ), постоянная засуха (недостаток увлажнения) и периодическая засуха. При постоянной засухе почву высушивали до 30 % ППВ (14 % весовых) с 14 по 42 сут. и поддерживали на данном уровне до конца вегетации. При периодической засухе почву высушивали до влажности завядания растений (7 % весовых или 15 % ППВ) с 14 по 42 и с 57 по 77 сут.; и увлажняли до 70 % ППВ с 42 по 56 сут. и с 77 по 90 сут. опыта.

Отбор почвенных проб проводился на 1, 42, 57, 78, 90 сутки. В данной статье обсуждаются результаты, полученные по окончанию эксперимента (90 суток).

Выделение из почвы С, N, P производилось методом прямой фумигации-экстракции [9]. Подвижные формы С, N экстрагировали 0.05 М раствором K_2SO_4 (20 мл раствора на 5 г почвы). Подвижные формы фосфора экстрагировали 0.5 М $NaHCO_3$ [8]. Микробную биомассу выделяли после добавления хлороформа к почвенной суспензии (0.5 мл хлороформа на 5 г почвы). Экстракты С, N замораживали и высушивали лиофилизацией. Количество С, N, P микробной биомассы рассчитывались по приросту элементов после фумигации с применением пересчетного коэффициента для каждого элемента. По окончании опыта кукурузу разделяли на листья, стебли, корни, высушивали и измельчали. Углерод и азот в растениях и лиофилизированных почвенных экстрактах определяли на CHNS-анализаторе LECO 5. Фосфор определяли колориметрическим методом с реагентом молибдат аммония и аскорбиновой кислотой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Концентрации элементов в почве и микробной биомассе могут изменяться как в разных экосистемах, так и в пределах одной экосистемы под воздействием факторов среды. В среднем атомные соотношения С:N:P составляют 186:13:1 в почве и 60:7:1 микробной биомассе [6]. В нашем случае в среднем для почвы при оптимальном увлажнении было характерно соотношение 52:5:1, а для микробной биомассы 43:2:1.

Анализ показал, что в листьях, стеблях и корнях кукурузы содержание углерода на протяжении всего опыта находилось примерно на одном уровне, в пределах 45–50 % от сухой биомассы (табл. 1).

Содержание фосфора в кукурузе было постоянным вне зависимости от режима увлажнения, причем в листьях и стеблях выше, чем в корнях (0.25 % и 0.2 % против 0.1 %, соответственно).

Эксперимент показал, что концентрация азота в фитомассе зависела от водного стресса. Содержание азота в листьях было максимальным при периодической засухе (3.2 %), минимальным в контроле (2.3 %). Аналогичная картина наблюдалась и в стеблях кукурузы. Максимум азота стебли накапливали в периоды периодической засухи (2.3 %), минимум азота наблюдался в контроле (0.9 %). Общее содержание азота в стеблях было примерно в 2 раза меньше, чем в листьях по всем вариантам. Выявлено, что в корнях кукурузы наибольшее содержание азота было как в период постоянной (1.7 %), так и периодической засухи (1.7 %), а наименьшее – в контроле (0.9 %). Таким образом, по содержанию азота в разных частях растений контроль в 1.5–2.5 раза уступал засухе. Однако наибольший вынос азота с фитомассой происходил при оптимальном увлажнении, так как при оптимальном увлажнении нарастало больше биомассы.

Обильная фитомасса компенсировала низкое содержание азота в листьях, стеблях и корнях кукурузы, что привело к максимальному выносу данного элемента из почвы при оптимальном увлажнении, и к минимальному выносу азота с урожаем при засухах. Вынос азота из почвы подтверждался снижением содержанием азота в подвижных формах (7.0 мкг/г) при оптимальном увлажнении, и, напротив, накоплением азота в почве при периодической засухе (15.0 мкг/г) и особенно при постоянной засухе (24.4 мкг/г).

Стехиометрия С:N и N:P в листьях при оптимальном увлажнении отличалась от стеблей и корней почти в 2–3 раза. При засухе стехиометрические различия по С:N и N:P между листьями, стеблями и корнями сглаживались. Под воздействием засухи происходило разнонаправленное изменение стехиометрии в растениях: по сравнению с контролем С:N снижалось, а N:P, напротив, повышалось. Между постоянной засухой (недостаточным увлажнением) и периодической засухой особой разницы не наблюдалось. Таким образом, любой недостаток влаги оказывал существенное влияние на стехиометрию главных биофильных элементов в растениях.

В системе почва-растение корни кукурузы непосредственно контактируют как с микробной биомассой, так и с подвижными формами. Однако соотношения С:N:P в подвижных формах и микробной биомассе былина порядок меньше, чем в растениях. Усреднив значения между контролем и засухой, заметим, что в корнях кукурузы наблюдалось максимально кон-

трастное соотношение C:N:P 1200:20:1, в надземной фитомассе (листьях и стеблях) C:N:P держалось на уровне 550:20:1, в микробной биомассе принимало значения 45:3:1, в подвижных формах находилось на уровне 30:6:1.

Интересно отметить, что изменения стехиометрии C:N:P в растениях и в подвижных формах почвы были однонаправленными. Засуха приводила к снижению C:N и к увеличению N:P как в растениях, так и в почве (табл. 1 и 2). В микробной биомассе, напротив, при засухах C:N повышалось, а N:P снижалось.

При общей схожести значений стехиометрии C:N:P микробной биомассы и подвижных форм, тенденции изменений для этих почвенных пулов в эксперименте были противоположны. Следовательно, пул микробной биомассы должен рассматриваться отдельно от остальных почвенных пулов. Это актуально и при моделировании динамики разложения почвенного органического вещества, и при моделировании конкуренции микроорганизмов и растений за органический и минеральный азот. При этом микробную биомассу ни в коем случае нельзя рассматривать как пассивный пул, поскольку почвенные микроорганизмы контролируют ключевые процессы превращения углерода и азота в почве (Blagodatsky et al., 1998).

Таблица 1. Концентрация углерода, азота и фосфора и стехиометрические коэффициенты в растительных тканях по окончании вегетации, в пересчете на сухую биомассу.

Вариант	C, %	N, %	P, %	C:N	C:P	N:P	C:N:P
Листья							
Контроль	46.7 a	2.31 a	0.257 ab	24 b	472 a	20 a	472:20:1
Постоянная засуха	50.2 b	2.72 ab	0.226 a	22 ab	573 b	27 b	573:27:1
Периодическая засуха	49.5 b	3.18 b	0.275 b	18 a	467 a	26 b	467:26:1
Стебли							
Контроль	48.0 b	0.91 a	0.213 a	63 b	595 a	10 a	595:10:1
Постоянная засуха	46.1 a	1.80 b	0.192 a	30 a	623 a	21 b	623:21:1
Периодическая засуха	45.4 a	2.18 b	0.200 a	25 a	600 a	24 b	600:24:1
Корни							
Контроль	47.1 a	0.87 a	0.100 a	78 b	1269 a	16 a	1269:16:1
Постоянная засуха	46.7 a	1.64 b	0.101 a	33 a	1209 a	36 b	1209:36:1
Периодическая засуха	46.8 a	1.68 b	0.106 a	33 a	1153 a	35 b	1153:35:1

Коэффициенты a , b показывают статистически значимые различающиеся средние между вариантами ($p < 0.05$, $n = 3$), определенные по критерию Тьюки. Коэффициенты рассчитаны независимо для листьев, стеблей и корней.

В эксперименте было обнаружено уменьшение микробной биомассы при постоянной засухе (табл. 2) и снижение содержания азота в микробной биомассе при постоянной и при периодической засухе. Параллельно наблюдалось накопление азота в подвижных формах. При оптимальном увлажнении размер пула микробного азота был равен размеру пула азота подвижных форм (табл. 2). При периодической засухе количество азота в подвижной форме увеличилось и превысило микробный азот в 4 раза, а при постоянной засухе в подвижной форме стало в 9 раз больше азота, чем в микробной биомассе.

Вероятно, увеличение содержания азота в подвижных формах и уменьшение соотношения C:N в них же при засухе произошло не только из-за снижения выноса азота с урожаем, но и вследствие увеличения минерализации микробного азота в циклах высушивания–увлажнения и поступления его в пул подвижных форм.

Постоянная засуха привела к снижению фитомассы растений в несколько раз. При этом при засухе увеличились концентрации азота в подвижных формах и растительных тканях, но снизилось содержание азота в микробной биомассе (табл. 1 и 2). При постоянной засухе C:N:P в почве и микробной биомассе ниже, чем в остальных вариантах (табл. 2).

Таблица 2. Концентрация углерода, азота и фосфора и стехиометрические коэффициенты в почве: подвижных формах и микробной биомассе по окончании вегетации, в пересчете на сухую массу.

Вариант	C, мкг/г	N, мкг/г	P, мкг/г	C:N	C:P	N:P	C:N:P
Подвижные формы							
Контроль	55.6a	7.0a	5.0a	8.0c	29.0a	3.1a	29:3.1:1
Постоянная засуха	58.2a	24.4c	5.7a	2.4a	26.6a	9.6c	26.6:9.6:1
Периодическая засуха	55.3a	15.0b	4.5a	3.7b	31.7a	7.3b	31.7:7.3:1
Микробная биомасса							
Контроль	76.7b	6.4c	3.9a	14.0a	51.3b	4.3b	51.3:4.3:1
Постоянная засуха	51.3a	2.6a	3.7a	23.4b	35.7a	1.8a	35.7:1.8:1
Периодическая засуха	72.3b	3.8b	3.9a	22.3b	47.5b	2.5ab	47.5:2.5:1

Коэффициенты *a*, *b*, *c* показывают статистически значимые различающиеся средние между вариантами ($p < 0.05$, $n=3$), , определенные по критерию Тьюки. Коэффициенты рассчитаны независимо для подвижных форм и микробной биомассы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подход экологической стехиометрии позволил оценить влияние постоянной и периодической засухи на отношения важных биофильных элементов в растениях кукурузы, подвижных формах, экстрагируемых из почвы, и в микробной биомассе по окончанию вегетационного эксперимента.

Содержание азота во всех изученных пулах оказалось чувствительным к водному стрессу. Под воздействием засухи в 2–3 раза увеличивалась концентрация азота в листьях, стеблях и корнях кукурузы. Однако наибольший вынос азота с урожаем наблюдался при оптимальном увлажнении. Вынос азота из почвы подтверждался снижением содержанием азота в подвижных формах при оптимальном увлажнении, и, напротив, накоплением азота в подвижных формах при засухе. Поступление азота в пул подвижных форм происходило, по видимому, и вследствие увеличения минерализации микробного азота в циклах высушивания–увлажнения.

Постоянная засуха приводила к уменьшению микробной биомассы. В остальном содержание как углерода, так и фосфора в корнях, подвижных формах и микробной биомассе не зависело от режима увлажнения.

Периодическая и постоянная засухи существенно изменяли количество урожая и качество фитомассы кукурузы, снижая соотношение углерода к азоту в стеблях и корнях по сравнению с оптимально увлажненным контролем. Изменения стехиометрии C:N:P в растениях и в подвижных формах почвы были однонаправленными. Засуха приводила к снижению C:N и к увеличению N:P как в растениях, так и в почве. В микробной биомассе, напротив, при засухах C:N повышалось, а N:P снижалось. Между постоянной засухой и периодической засухой особой разницы не наблюдалось. Таким образом, любой недостаток влаги оказывал существенное влияние на стехиометрию главных биофильных элементов в растениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Иванникова Л.А. Оценка и прогноз гидротермических условий почвообразования серых почв // Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв. М.: Наука, 2006. С. 471–494.
2. Ермолаев А.М., Шишова Л.Т. Продуктивность и функционирование многолетнего сеяного луга различного режима использования // Почвоведение. 1994. № 12. С. 97–105.
3. Никитишн В.И., Курганова Е.В. Плодородие и удобрение серых лесных почв ополей Центральной России. М.: Наука, 2007. 367 с.
4. Ушаков Р.Н. Проблема почвенной засухи в южной части нечерноземной зоны России. М.: Наука, 2005. 267 с.

5. *Blagodatsky S.A., I.V. Yevdokimov, A.A. Larionova, J. Richter.* Microbial growth in soil and nitrogen turnover: Model calibration with laboratory // *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 30, Issue 13, November 1998, P. 1757–1764.
6. *Cleveland Cory C., Liptzin Daniel.* C:N:P stoichiometry in soil: is there a «Redfield ratio» for the microbial biomass? // *Biogeochemistry*. 2007. № 85. P. 235–252.
7. *Elser J.J., Sterner R.W.* Biological stoichiometry from genes to ecosystems// *Ecology Letters*. 2000. V.3, P. 540–550.
8. *Olsen, Sterling R.* Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate // Book contributor U.S. Department of Agriculture, National Agricultural Library. 1954. V. 939, P. 2–5.
9. *Setia R., Verma S., Marschner P.* Measuring microbial biomass carbon by direct extraction – comparison with chloroform fumigation-extraction // *European Journal of Soil Biology*. 2012.V. 53. P. 103–106.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории почвенных циклов азота и углерода ИФХиБППРАН за всестороннюю помощь и поддержку при выполнении работы и подготовке публикации.

Работа рекомендована к.б.н., доц. А.А. Ларионовой.

УДК 631.4

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТИХВИНСКОГО ЛЕСОПИТОМНИКА

М.К. Захарова, Г.А. Касаткина, А.Г. Рюмин

Санкт-Петербургский государственный университет

В работе рассмотрены условия почвообразования, закономерности распространения почв по рельефу для территории Тихвинского лесопитомника. Составлены почвенная карта и карта рельефа в масштабе 1:2000. Дана общая характеристика гранулометрического состава и поглотительной способности почв.

Тихвинское лесничество является одним из крупнейших в Ленинградской области. На его территории были заложены постоянные лесосеменные участки и лесосеменные плантации для получения семян основных лесобразующих пород с улучшенными наследственными качествами.

Лесопитомник Тихвинского лесничества организован в 1963 г. Общая площадь – 80.03 га. Здесь выращивается посадочный материал для создания лесных культур на территории Тихвинского и соседних лесничеств, а также декоративные деревья и кустарники для озеленения города и района. Основной объем посадочного материала расположен в открытом грунте (Лесопитомник, 2013).

По современному почвенно-географическому районированию Российской Федерации Ленинградская область относится к территории бореального географического пояса и входит в состав европейско-западносибирской таежно-лесной биоклиматической области. Территория Тихвинского района принадлежит к зоне дерново-подзолистых почв южной тайги, к прибалтийской провинции дерново-мелко- и неглубоко- подзолистых и болотно-подзолистых почв, Ловатско-Волховскому округу подзолов глеевых торфянистых и дерново-подзолов иллювиально-железистых песчаных и супесчаных, дерново-подзолистых и подзолистых поверхностно-глееватых глинистых и тяжелосуглинистых почв на озерно-ледниковых и моренных отложениях и торфяных болотных верховых почв (Карта почвенно-экологического..., 2013).

Для Ленинградской области характерны достаточно существенные различия в климате, рельефе, почвообразующих породах, растительности, даже на небольших пространствах, что приводит к неоднородности почвенного покрова.

Объектами исследования являлись почвы и почвенный покров Тихвинского питомника – 12 почвенных профилей, картографический материал, документация лесопитомника.

УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Климат. «Восточные районы Ленинградской области (в т. ч. Тихвинский район) заметно отличаются от других спецификой своих природных условий. По мере удаления на восток увеличивается континентальность климата. Показатели средней годовой температуры здесь намного ниже, чем в других районах области. Сроки последних весенних и первых осенних заморозков совпадают с вегетационным периодом. Вместе с тем здесь увеличивается количество дней с мощным снежным покровом. Общее количество осадков в восточных районах 639 мм. Восточные районы меньше обеспечены теплом. Продолжительность периода с температурами выше + 10 °С здесь заметно короче (почти на 20 дней), чем на западе Ленинградской области» (Пестряков, 1973).

Геология, рельеф и почвообразующие породы. По геоморфологическому районированию территория Тихвинского лесопитомника относится к Волховско-Ловатской области, к Тихвинскому району озерно-ледниковых равнин с участками камового и холмисто-моренного рельефа, в центре района развиты эоловые формы. В генетическом отношении она расположена на аккумулятивной озерно-ледниковой равнине низких уровней.

На большей части района коренные породы представлены отложениями девона. Они сложены слюдястыми песками, суглинками и глинами кирпично-красного, малинового, сизого, белого и других цветов, образуя пестроцветную толщу. По всему водораздельному пространству востока области коренные породы прикрыты ледниковыми и водно-ледниковыми отложениями. Ледниковые (моренные) отложения весьма разнообразны по гранулометрическому составу и варьируют от тяжелого валунного суглинка до песчаной морены.

В послеледниковое время территория была занята озерно-ледниковым водоемом, в прибрежной части которого откладывались тонкозернистые слоистые пески. Пески мощностью 4–6 м подстилаются суглинистой мореной. Местами пески были перевеяны и образовали дюны (Красная книга почв, 2007).

Гидрология. «Сильно расчлененная территория Вепсовской возвышенности отличается развитой речной сетью, обеспечивающей хороший дренаж территории. Реки, стекающие с Тихвинской гряды на юг и восток, имеют слаборазработанные долины. Плоский рельеф и близость водоупорных пород способствуют сильно развитой здесь заболоченности. Большинство рек берет начало в болотах или питается за счет них с помощью притоков» (Пестряков, 1973).

Растительность. «Восточные районы области занимают промежуточное положение между средней и южной тайгой. Тихвинский район представлен преимущественно сосновыми лесами. Локально встречаются ельники-брусничники и елово-сосновые леса, брусничники и черничники» (Пестряков, 1973). На территории питомника естественная растительность сведена, по границам полей расположены лесополосы.

Почвы. Почвенный покров восточных районов области отличается большой пестротой, что имеет прямую зависимость от разнообразия рельефа и частой смены почвообразующих пород. Наиболее распространены почвы подзолистого и болотного типов. (Гагарина и др., 1995). На озерно-ледниковых отложениях доминируют альфегумусовые подзолы различных подтипов: гумусово-железистые, железистые, глееватые. В условиях повышенного увлажнения распространены подзолы глеевые и торфяные олиготрофные почвы (Красная книга..., 2007). Заболачиванию территории и развитию почв подзолисто-болотного и болотного типов способствуют равнинность территории и наличие большого количества отрицательных форм рельефа (Пестряков, 1973).

Картографический материал. Для территории Тихвинского лесопитомника были составлены карта рельефа и почвенная карта в масштабе 1:2000 (рис.) (Апарин, Касаткина, 2004, 2012). Анализ топографической карты показал, что территория питомника относится к слаборасчленённой равнине. Относительные превышения составляют 5–7 метров. Преобладают очень пологие склоны восточной экспозиции, склоны западной экспозиции более крутые. Территория слаборасчлененная, однако, отличается относительным разнообразием почвообразующих пород: преобладают супесчаные, 2–3-членные отложения из супесчаного и суглинистого материала, а также можно встретить тяжелосуглинистые породы озерно-ледникового происхождения. Встречаются погребенные почвы.

На территории лесопитомника преобладают альфегумусовые почвы, преобразованные человеком: агроденово-подзолы иллювиально-железистые супесчаные, агрозёмы альфегумусовые супесчаные, агрозёмы светлые, агростратозёмы супесчаные на погребенных почвах (торфяно-подзол глеевый), агроабразёмы супесчаные глеевые.

В нижней части подстилочного горизонта подзолов наблюдалась прослойка более темного перегнойного или грубогумусного материала. Подзолистый горизонт, мощностью до 20–30 см. Он самый светлый в профиле за счет выноса соединений железа и гумуса. В целом, альфегумусовые почвы кислые и слабокислые, степень насыщенности поглощающего комплекса низкая, малая емкость поглощения.

В результате распашки и гомогенизации подстильно-торфяного или серогумусового горизонтов, а также припашки верхней части подзолистого горизонта нами были диагностированы агрогумусовые горизонты, что послужило основанием для выделения типа агродерново-подзола.

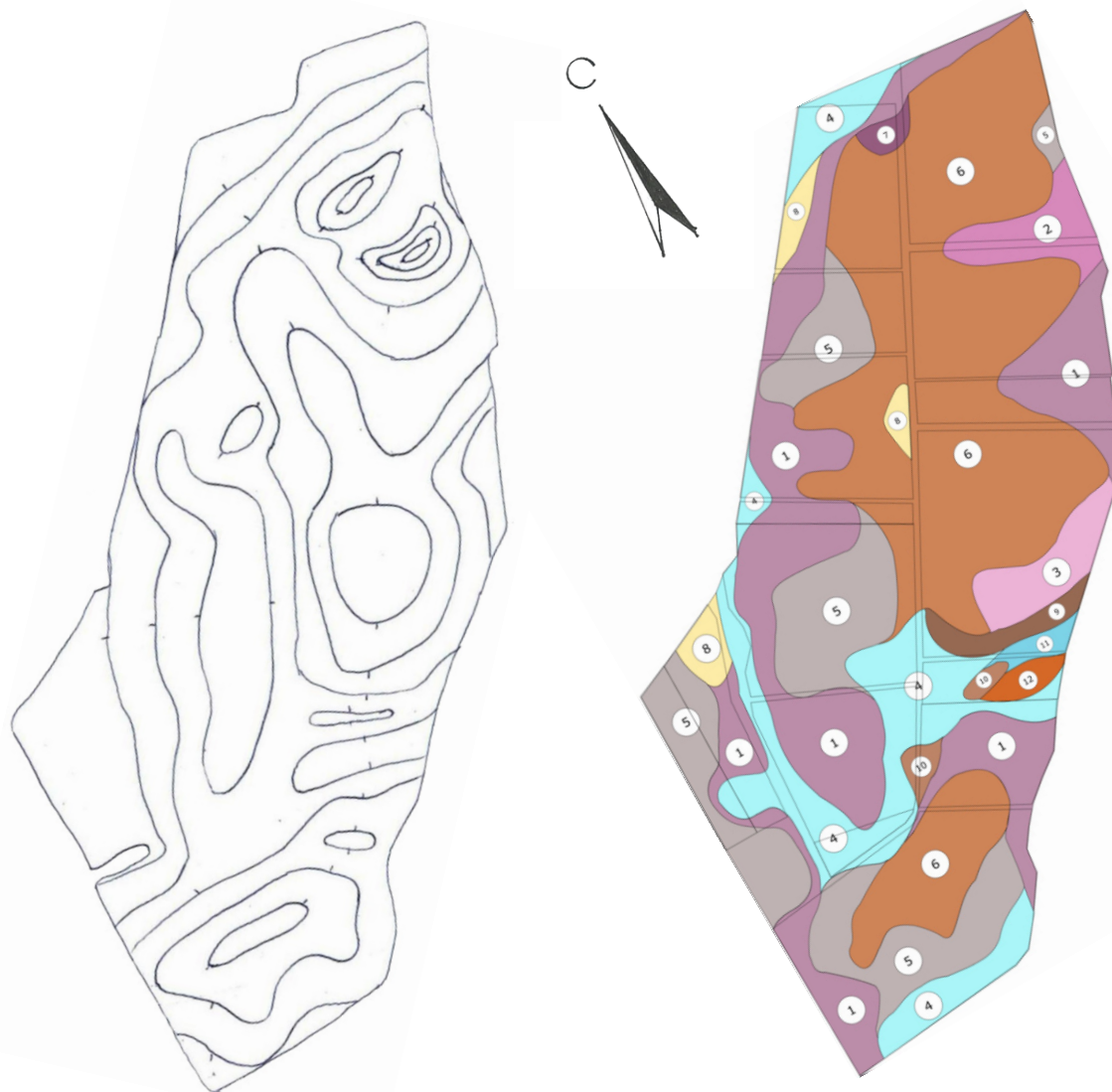
Почвы, состоящие из агрогумусового (P) и альфегумусового (BNF) горизонтов, относили к отделу агрозёмов к типу агрозёмов альфегумусовых (P–BNF–C).

Если в пределах профиля наблюдалась гумусированная стратифицированная толща мощностью более 40 см, которую условно рассматривали как стратифицированный серо-, темно- или светло-гумусовый горизонт, такие почвы объединяли в отдел стратозёмов (AY–RY–C). Часто подобный стратифицированный горизонт погребал под собой естественную почву и тогда её относили к типу стратозёмов серогумусовых на погребенной почве (AY–RY–[ABC]). В случае распашки подобных горизонтов выделяли агростратозёмы гумусовые (P–RY–C), или агростратозёмы на погребенной почве (P–RY–[ABC]). Если стратифицированный материал был мощностью менее 40 см, в типе почв выделяли стратифицированный подтип.

Анализ топографической и почвенной карт выявил связь рельефа с почвенным покровом. На повышенных формах рельефа, находятся агрозёмы контактно-осветленные. На склоновых позициях располагаются агродерново-подзолы. В нижних частях склонов формируются агрозёмы стратифицированные, агрозёмы светлые на погребенных почвах, агростратозёмы и агроабразёмы. Почвы нижних частей склонов имеют признаки глееватости.

На момент планирования питомника на месте агрозёмов располагались подзолы без мощного гумусового горизонта, на месте других почв – торфяно- или дерново-подзолы, вследствие чего во вторых выше содержание гумуса, а подзолистый горизонт залегает ниже. При первичном планировании территории под питомник проводилось выравнивание поверхности, дополнительно привносили материал. Торфяной горизонт при смешивании с привносимым материалом подвергался процессу деструкции и формировал естественный гумусовый горизонт. Первоначальный рельеф имел более выраженный характер, на пониженных формах рельефа наблюдался процесс оглеения за счет дополнительного притока влаги со склоновых позиций (Техно-рабочий проект, 1963).

«Почвы песчаные отличаются чрезвычайно низким природным плодородием. По минералогическому составу они очень бедны, что обуславливает в них острый недостаток питательных веществ» (Гагарина, 1995; Гагарина, 2004).



Условные обозначения

1	$АПо_{д \frac{y}{Ол^y}}$	Агродерново-подзол иллювиально-железистый супесчаный на озёрно-ледниковых супесчаных отложениях
2	$АПо_{д \frac{ко y}{Ол2-3}}$	Агродерново-подзол иллювиально-железистый контактно-осветлённый супесчаный на двух-трехчленных озёрно-ледниковых отложениях
3	$АПо_{д \frac{y}{Ол2-3}}$	Агродерново-подзол иллювиально-железистый супесчаный на озёрно-ледниковых двух-трёхчленных отложениях
4	$АПо_{дг \frac{y}{Ол^y}}$	Агродерново-подзол иллювиально-железистый глеевый супесчаный на озёрно-ледниковых супесчаных отложениях
5	$Аз_{ал \frac{y}{Ол^y}}$	Агрозем альфегумусовый иллювиально-железистый супесчаный на супесчаных озёрно-ледниковых отложениях
6	$Аз_{ал \frac{ко y}{Ол2-3}}$	Агрозем альфегумусовый иллювиально-железистый контактно-осветлённый супесчаный на двух-трёхчленных озёрно-ледниковых отложениях
7	$Аз_{ал \frac{г y}{Ол^y}}$	Агрозем альфегумусовый иллювиально-железистый глееватый супесчаный на супесчаных озёрно-ледниковых отложениях
8	$Аз_{с \frac{y}{Ол^y}}$	Агрозем светлый супесчаный на супесчаных озёрно-ледниковых отложениях
9	$Аз_{с \frac{тр y}{Ол^y}}$	Агрозем светлый турбированный супесчаный на супесчаных озёрно-ледниковых отложениях
10	$АСз \frac{y}{Потг}$	Агрозатозем супесчаный на погребённом торфяно-подзоле глеевом
11	$Аз_{с \frac{y}{ГТ}}$	Агрозем светлый супесчаный на торфяно-глееземе
12	$АА_{бр \frac{y}{Ол2}}$	Агроаброзём супесчаный-глеевый на двухчленных озёрно-ледниковых отложениях

Рисунок. Топографическая и почвенная карта, составленные в масштабе 1:2 000 (горизонтالي проведены через каждые 50 см).

Почвенная карта составлена студентами кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ; переведена в электронный вид Апариным В.Б. главным специалистом отдела лесного семеноводства и селекции ЛОГКУ «Леноблес».

Гранулометрический состав почв Тихвинского лесопитомника

Почвы питомника – преимущественно легкого гранулометрического состава: песчаные, супесчаные, супесчаные-легкосуглинистые. Чтобы иметь представление о распределении фракций в почвах лесопитомника, в табл. приведены данные гранулометрического состава агро-торфяно-подзола глееватого иллювиально-железисто-гумусового, который целиком сформирован на песчаных отложениях. Именно такие почвы наиболее благоприятны для выращивания сеянцев сосны и ели.

Таблица. Гранулометрический состав агро-торфяно-подзола глееватого иллювиально-железисто-гумусового супесчаного на озерно-ледниковых супесях.

Горизонт	Содержание частиц разного размера, %					
	>0.25 мм	0.25–0.05 мм	0.05–0.01 мм	0.01–0.005 мм	0.005–0.001 мм	<0.001 мм
P	3.73	65.80	27.36	2.23	0.57	0.31
Ptr, pb	3.68	66.78	26.40	2.40	0.74	0.00
Eg	1.10	67.24	27.44	3.00	1.22	0.00
BHF	1.02	72.89	24.43	1.04	0.49	0.13
BF	1.48	77.72	19.79	0.02	0.93	0.05
BCg	0.63	62.08	32.05	1.99	2.28	0.97

Гранулометрический состав определялся лазерно-дифрактометрическим методом за исключением фракции >0.25 мм, содержание которой определено весовым методом после просеивания на сите с соответствующей ячейей. Определения производились в соответствии с рекомендациями, представленными в работе Черномаз и др. (2012). Данная почва формируется на отложениях легкого гранулометрического состава, и наследует свойства почвообразующей породы. На протяжении всей толщи преобладает фракция песка >0.05 мм (от 63 до 79 %). Она достигает максимума в иллювиально-железистом горизонте (BF), а в горизонте (BCg) переходном к породе ее значения минимальны. Фракция пыли тоже значительна (21–36 %), но имеет обратную по отношению к песку тенденцию распределения (содержание минимально в горизонте BF и максимально в BCg). Высокое содержание фракций крупной пыли и мелкого песка и незначительные количества остальных фракций свидетельствуют о хорошей сортированности минеральной части почвы, что подтверждает озерно-ледниковое происхождение породы, на которой она сформировалась. Фракция ила очень мала, и распределяется подобно фракции пыли. Содержание ила увеличивается в горизонте BHF и достигает максимума в BCg. Низкое содержание илистой фракции также характерно для озерно-ледниковых отложений Северо-Запада России (Гагарина и др., 2004). Крайне низкое содержание илистой фракции является причиной слабого закрепления вносимых органоминеральных удобрений и, следовательно, непродолжительности их положительного воздействия (Гагарина и др., 1995).

Все исследованные почвы также характеризуются преобладанием мелкопесчаной и крупнопылевой фракций, что подтверждает озерно-ледниковый генезис происхождения данных почвообразующих пород (Гагарина, 2004).

На некоторых участках лесопитомника наблюдается явление сильной ветровой эрозии. Особенно сильно оно проявляется в южной части питомника, где отсутствуют защитные полосы между полями, а рельеф выражен достаточно хорошо. Песчаные массы поднимаются ветром с одних полей и переносятся на другие, что наносит особый вред сеянцам первого года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории лесопитомника преобладают альфегумусовые почвы, преобразованные человеком. Анализ топографической и почвенной карт выявил связь рельефа с почвенным покровом.

При планировании лесного питомника для целей выращивания сеянцев, участки с почвами легкого гранулометрического состава выбраны не случайно. Этот параметр соответствует требованию выращиваемых культур. Хвойные породы, особенно в первые годы жизни, нуждаются в хорошей аэрации, и в отсутствии застойного водного режима.

Необходимо помнить, что песчаные породы имеют низкую поглотительную способность. По нашим данным почвы питомника гидролитически кислые, не насыщенные основаниями. Значения обменной кислотности очень малы, и редко достигают значения > 1 м-экв/100 г почвы. Емкость катионного обмена не высокая, что характерно для песчаных почв, и разнится достаточно сильно: от 16–18 м-экв/100 г до 1.2–3.0 м-экв/100 г. Такие низкие значения являются причиной слабого закрепления вносимых органоминеральных удобрений и, следовательно, непродолжительного их положительного воздействия.

В Тихвинском лесопитомнике подобраны необходимые количества минеральных и органических удобрений, но их внесение не согласуется со свойствами конкретных почв. Зная специфику почв на легких породах и разнообразие почвенного покрова, можно скорректировать внесение удобрений в соответствии со свойствами почв. Особое внимание следует уделить борьбе с ветровой эрозией.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А.* Картография почв. Издательский дом СПбГУ, 2004 г. 84 с.
2. *Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А.* Почвенное картирование. Издательский дом СПбГУ, 2012 г, 128 с.
3. *Гагарина Э.И., Матинян Н.Н., Счастливая Л.С., Касаткина Г.А.* Почвы и почвенный покров Северо-Запада России. СПб: Изд-во СПб ун-та, 1995, 236 с.
4. *Гагарина Э.И.* Литологический фактор почвообразования (на примере Северо-Запада Русской равнины). СПб. СПбГУ. 2004.
5. *Добровольский Г.В., Урусевская И.С.* Карта почвенно-экологического районирования Российской федерации. М 1:2500000, М: МГУ, 2013 г.
6. *Лесопитомник.* К 50-летию Тихвинского лесного питомника. Тихвин, 2013 г, 43 с.
7. *Пестряков В.А.* Почвы Ленинградской области. Л.: Лениздат, 1973, 344 с.
8. *Пономарева В.В.* Теория подзолообразовательного процесса. Биохимические аспекты. М-Л.: Наука, 1964 г., 380 с.
9. *Красная книга почв* Ленинградской области. Отв. Ред. Б.Ф. Апарин. СПб.: Аэроплан, 2007, 320 с.
10. *Техно-рабочий проект* организации базисного питомника тихвинского лесхоза Ленинградской области. Том 1. «Союзгипролесхоз», Ленинград, 1976 г.
11. *Федоров А.С., Горячкин С.В., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н.* География почв. Изд-во: СПбГУ, 2013 г, 266 с.
12. *Черномаз Д.Е., Рюмин А.Г., Романов О.В.* Применение методов лазерной дифрактометрии для оценки гранулометрического состава серых почв // Материалы по изучению русских почв, 2012, № 7 (34), с. 172–178.
13. *Шишов Л.Л. В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, Герасимова М.И.* Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004 г, 342 с.

Работа рекомендована к.б.н., доц. кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ Г.А. Касаткиной.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ г. СЕРПУХОВА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И МЕТАЛЛОИДАМИ

И.С. Капустина, Н.В. Кузьменкова, Е.В. Терская

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Проведены почвенно-геохимические исследования тяжелых металлов и металлоидов (ТММ) на территории г. Серпухова. По геохимическим спектрам выявлены элементы – приоритетные поллютанты, содержащиеся в выбросах автотранспорта и промпредприятий – Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Sn, W, Sb, Bi. На основе составленных карт распределения ТММ и суммарного показателя загрязнения Z_c в поверхностных горизонтах почв в северо-северо-западной, северо-восточной и южной частях города выявлено несколько техногенных аномалий с очень опасным и чрезвычайно опасным уровнями загрязнения.

ВВЕДЕНИЕ

В крупных промышленных центрах, где природная среда и человек находятся под воздействием множества источников загрязнения, складывается наиболее опасная экологическая ситуация. В городах происходит наложение ареалов загрязнения производств, транспорта, муниципальных и других отходов, что приводит к формированию полиэлементных техногенных геохимических аномалий в депонирующих средах [6].

Актуальность исследуемой темы связана с высокой опасностью накопления тяжелых металлов и металлоидов (ТММ) в почвах г. Серпухова, одного из крупных промышленных центров Подмосковья. В 1998–1999 гг. на территории города были проведены комплексные исследования, результаты которых изложены в книге «Экологическая ситуация в городе Серпухове и перспективы ее улучшения» [9]. Однако за истекший период экологическая ситуация в городе изменилась в связи с увеличением транспортной нагрузки, строительством новых жилых объектов и изменениями в промышленной структуре города, в связи с чем возникла необходимость нового обследования Серпухова. Целью работы является оценка загрязнения поверхностных горизонтов почв г. Серпухова ТММ, поступающими с выбросами промышленных предприятий и автотранспорта. В задачи работы входило:

- оценка уровней содержания ТММ в поверхностных горизонтах городских почв;
- выявление пространственного распределения приоритетных поллютантов в почвенном покрове города;
- эколого-геохимическая оценка загрязнения ТММ почвенного покрова Серпухова.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является г. Серпухов – административный центр Серпуховского района, расположенного на юге Московской области на р. Наре, вблизи её впадения в р. Оку. Территория относится к южной подзоне хвойно-широколиственных лесов и представляет собой пологоволнистую эрозионную равнину, перекрытую флювиогляциальными отложениями. Естественный почвенный покров представлен дерново-подзолистыми почвами, однако, в настоящее время в г. Серпухове практически все почвы антропогенно изменены и имеют нарушенный морфологический профиль [3].

Почвенно-геохимические исследования проводились на территории города с отбором 118 смешанных проб почв из поверхностных (0–10 см) горизонтов методом конверта по сетке через приблизительно равные интервалы 500х500 м [12]. В качестве фоновых значений приняты осредненные данные по 4-м образцам из поверхностных горизонтов почв на территории Приокско-Террасного заповедника в 10–12 км к востоку-юго-востоку от Серпухова. Полученные данные сопоставлены с глобальными кларками литосферы, рекомендованными Н.С. Касимовым, Д.В. Власовым [4].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-05-41024).

© И.С. Капустина, Н.В. Кузьменкова, Е.В. Терская, 2017

Во всех отобранных пробах определены физико-химические показатели: $pH_{\text{водн}}$ потенциометрическим методом, TDS суспензии с помощью кондуктометра, содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) методом Тюрина, гранулометрический состав почв методом лазерной гранулометрии. Содержание ТММ анализировалось масс-спектральным (ICP/MS) и атомно-эмиссионными методами (ICP/AES) во ВНИИ минерального сырья.

Статистическая обработка данных проводилась в пакетах STATISTICA 10 и MS Excel. Моно- и полиэлементные геохимические карты составлялись путем интерполяции полученных данных в программном пакете ArcGIS (модуль ArcMap) методом Spline (TENSION). Геохимическая трансформация городских почв характеризовалась коэффициентами концентрации относительно фона $K_c = C_i/C_f$, где C_i , C_f – содержание элемента в городской и фоновой почве, соответственно. Общая геохимическая нагрузка определялась по суммарному показателю загрязнения: $Z_c = \sum K_c - (n-1)$, где n – число химических элементов с $K_c > 1$, кратность превышения ПДК [2] – по коэффициенту экологической опасности: $K_o = C_i / \text{ПДК}$.

Проведено функциональное зонирование г. Серпухова, поскольку характер использования городских территорий влияет на локализацию и контрастность техногенных геохимических аномалий [6]. Составлена карта, где выделено 5 функциональных зон: селитебные с застройкой сельского и городского типов, промышленная, транспортная и рекреационная.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Судя по результатам химических анализов, для фоновой территории характерна кислая реакция среды (среднее pH 5.4), минерализация водной вытяжки, характеризующаяся $TDS = 33.7$ мкСм/см, что не превышает допустимый критический уровень [10], очень низкое содержание $C_{\text{орг}} = 1.9$ %, гранулометрический состав – связный песок (доля физ. глины 9.4 %).

В почвах г. Серпухова физико-химические показатели имеют иные значения. Происходит сдвиг реакции среды в сторону щелочных значений, основная часть почв города характеризуется нейтральной и слабощелочной реакцией среды, что вызвано антропогенным воздействием – поступлением карбонатной пыли, золы, высвобождением кальция при растворении содержащихся в почвах техногенных включений и компонентов противогололедных смесей [5]. Минерализация водной вытяжки в городских почвах выше фоновой в 4 раза, что связано с поступлением газопылевых выбросов и легкорастворимых солей, входящих в состав противогололедных реагентов [7, 11]. Среднее содержание $C_{\text{орг}}$ в поверхностном слое почв Серпухова в 1.3 раза выше фоновых значений. Происходит утяжеление гранулометрического состава, это связано с осаждением на поверхность почв техногенного тонкодисперсного аэрозоля и накоплением пылевых частиц [7, 8].

Физико-химические свойства городских почв являются значимыми факторами пространственного распределения ТММ, большое внимание уделяется компонентам почв, которые прочно их закрепляют и влияют на миграционную способность. Среди основных фаз-носителей ТММ в работе рассматриваются: содержание гумуса и количество физического глины и песка, а также реакция среды и значения TDS. Корреляционный анализ показал, что концентрации приоритетных загрязнителей W, Zn, Cd, Cu зависят от $C_{\text{орг}}$ и TDS (коэффициенты корреляции $r = 0.43-0.59$ и $r = 0.19-0.47$ соответственно, $n=118$) (табл. 1). Между содержанием Zn, Cd и физической глиной наблюдается обратная связь ($r = -0.28; -0.25$). Таким образом, можно утверждать, что на закрепление ТММ значительное влияние оказывает содержание гумуса [1, 7].

На основании функционального зонирования почв города все точки опробования сгруппированы по зонам, для которых составлены геохимические спектры (рис. 1). Их анализ показал, что наибольшее накопление химических элементов характерно для Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Sn, W, Sb, Bi. Данные элементы содержатся в выбросах предприятий машиностроения и металлообработки (W, Zn, Sb, Ni, Cr, Cu, Pb), которые размещены на

территории Серпухова, а именно: в выбросах Серпуховского автозавода, завода «Металлист», механического завода, завода металлоконструкций МАИ и др.; пищевой промышленности (Cd, Cu, Ni, Cr, Pb, Zn) – завода Mareven Food Central, универсальных пищевых технологий, завода Фруктовых наполнителей, молокозавода и др.; химической (W, Cd, Sb, Sn, Zn, Cu, Bi, Pb) – завода «Химволокно»; легкой промышленности (Sb, Sn, Pb, W, Cr) – Серпуховский текстиль, Серпуховский кожевенный завод «Труд», а также автотранспорта (Cd, Zn, Pb, Ni, Cr, Cu, Sb) [12].

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между концентрациями ТММ в поверхностном (0–10 см) горизонте почв и почвенными свойствами.

Физико-химический показатель	W	Zn	Cd	Cu
Физ. глина	–0.12	–0.28	–0.25	–0.17
C _{орг}	0.47	0.43	0.53	0.59
pH	0.19	0.08	0.13	0.14
TDS	0.29	0.19	0.29	0.47

Примечание: значимые при P= 95 % коэффициенты выделены полужирным шрифтом.

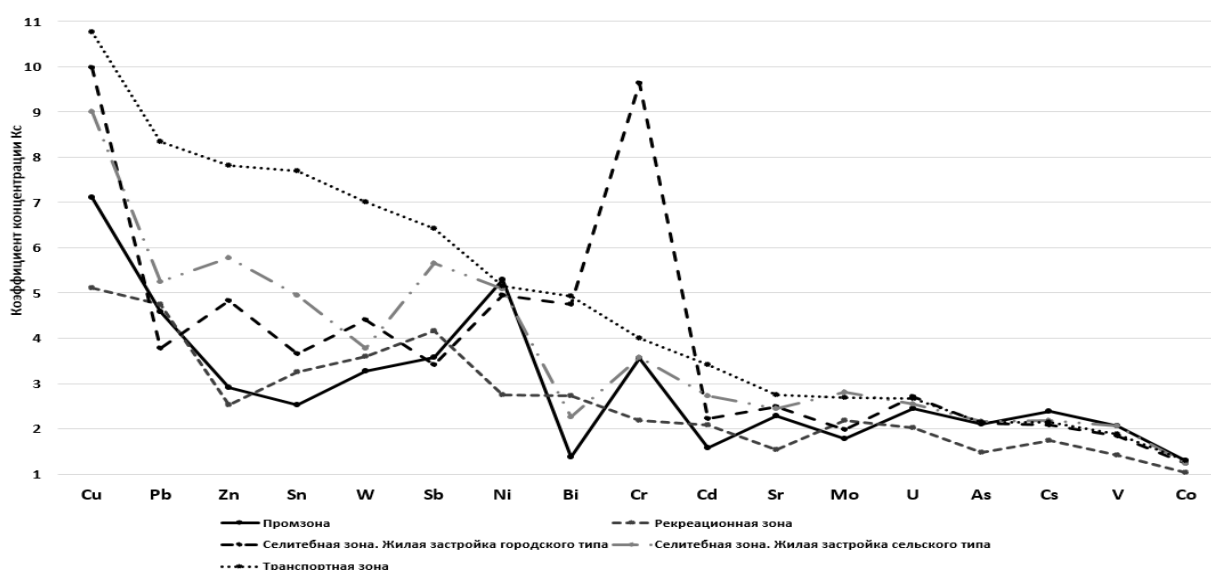


Рисунок 1. Геохимические спектры ТММ в поверхностных горизонтах почв функциональных зон г. Серпухова.

В почвах города концентрируется большой спектр химических элементов (рис. 1), но во всех функциональных зонах доминирует медь. Остальные 10 элементов имеют различные ряды концентрации в каждой функциональной зоне: транспортная – $\text{Cu}_{10.8}\text{Pb}_{8.3}\text{Zn}_{7.8}\text{Sn}_{7.7}\text{W}_{7.7}\text{Sb}_{6.4}\text{Ni}_{5.1}\text{Bi}_{4.9}\text{Cr}_{4.4}\text{Cd}_{3.4}$ (нижние индексы – K_c), селитебная с жилой застройкой городского типа – $\text{Cu}_{10}\text{Cr}_{9.6}\text{Ni}_{4.9}\text{Zn}_{4.8}\text{Bi}_{4.8}\text{W}_{4.4}\text{Pb}_{3.8}\text{Sn}_{3.7}\text{Sb}_{3.4}\text{Cd}_{2.2}$; селитебная с жилой застройкой сельского типа – $\text{Cu}_9\text{Zn}_{5.8}\text{Sb}_{5.7}\text{Pb}_{5.3}\text{Ni}_{5.1}\text{Sn}_{4.9}\text{W}_{3.8}\text{Cr}_{3.6}\text{Cd}_{2.3}\text{Bi}_{2.3}$; промышленная – $\text{Cu}_{7.1}\text{Ni}_{5.3}\text{Pb}_{4.6}\text{Sb}_{3.6}\text{Cr}_{3.6}\text{W}_{3.3}\text{Zn}_{2.9}\text{Sn}_{2.5}\text{Cd}_{1.6}\text{Bi}_{1.4}$ и рекреационная – $\text{Cu}_{5.1}\text{Pb}_{4.8}\text{Sb}_{4.2}\text{W}_{3.6}\text{Sn}_{3.3}\text{Bi}_{2.7}\text{Ni}_{2.7}\text{Zn}_{2.5}\text{Cr}_{2.2}\text{Cd}_{2.1}$. Аккумуляция Sr, Mo, U, As, Cs, V и Co во всех функциональных зонах не столь велика (K_c 1.2–2.5). При сравнении зон выделяется транспортная, которая доминирует по большинству элементов, в селитебных зонах концентрации ТММ, за исключением Cr, ниже, чем в транспортной и выше, чем в промышленной и рекреационной зонах, за исключением Ni и Cr.

Путем кластерного анализа на изучаемой территории выявлены 2 устойчивые ассоциации: Cu–Cd–Sb и W–Zn, элементы в каждой ассоциации поступают из общих источников и обладают сходным характером пространственного распределения. Были составлены карты распределения концентраций Cu и Zn, на которых выявлено несколько техногенных аномалий с очень опасной и чрезвычайно опасной экологической обстановкой.

Аномалия в северо-северо-западной части города сформирована под воздействием выбросов завода РАТЕП, Нефтебазы и Ватной фабрики. В северо-восточной части – под воздействием выбросов северной промзоны, завода им. Солнца, Серпуховского автозавода и завода «Химволокно», а также в результате воздействия развитой транспортной сети (железной дороги и Московского шоссе). В южной части – в зонах влияния крупных источников загрязнения: Серпуховского конденсаторного завода, завода АЗТ, пункта техосмотра грузового транспорта, автоколонны № 1790, а также под влиянием железнодорожного и автотранспорта (рис. 2).

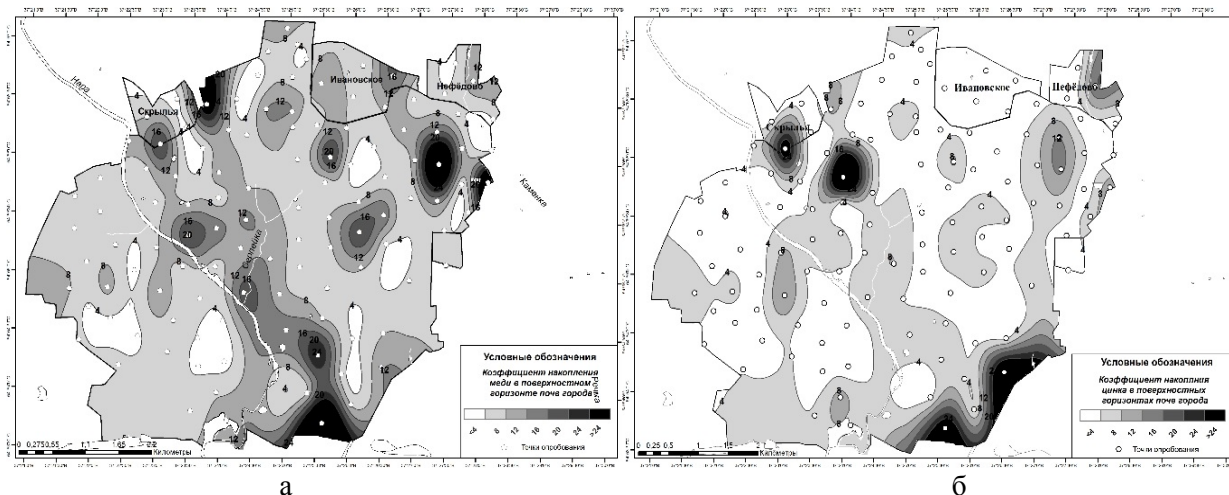


Рисунок 2. Распределение меди (а) и цинка (б) в поверхностных горизонтах почв г. Серпухова.

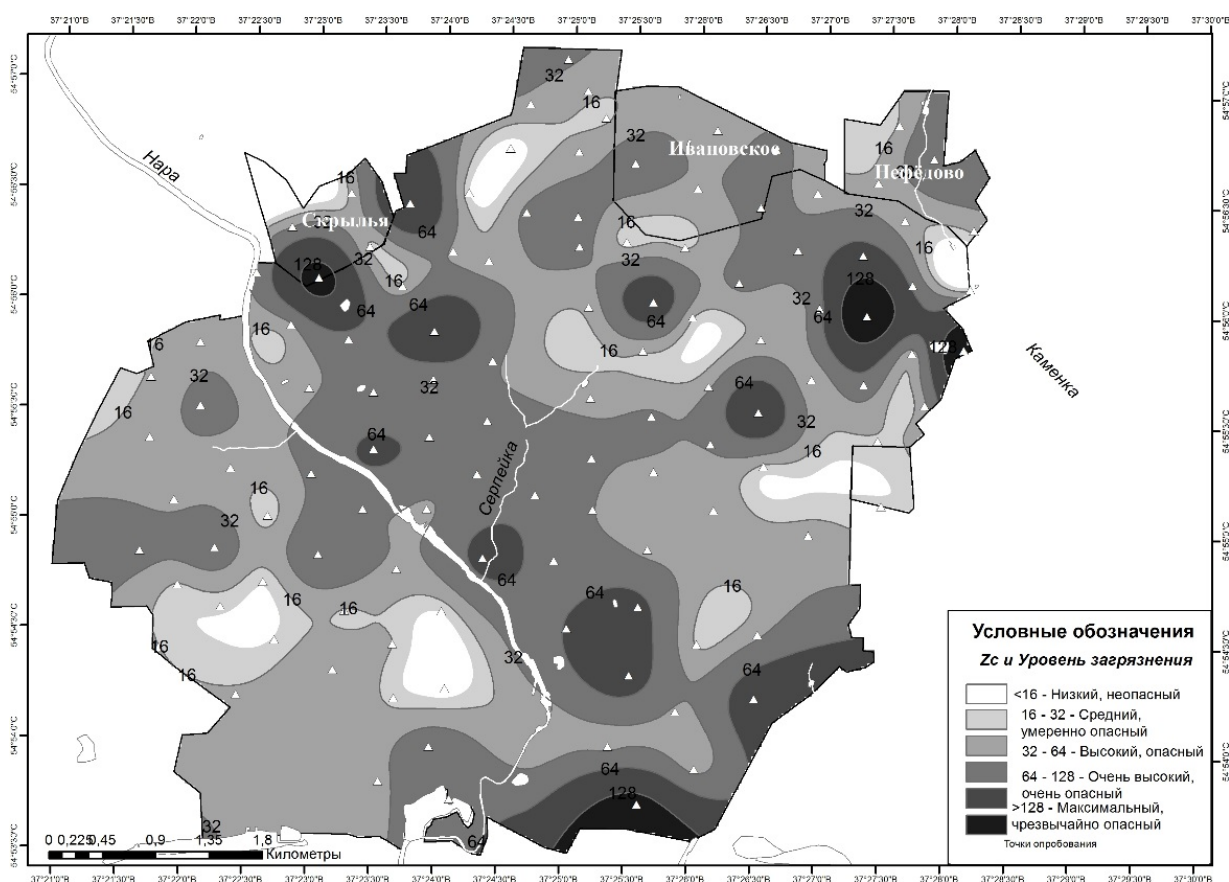


Рисунок 3. Распределение суммарного показателя загрязнения Z_c в поверхностных горизонтах почв г. Серпухова.

Наиболее интенсивное суммарное загрязнение ТММ характерно для почв транспортной с показателем $Z_c=56.6$ и селитебной зон с жилой застройкой городского типа, где $Z_c=42.6$. Менее интенсивное загрязнение наблюдается в жилой застройке сельского типа ($Z_c=39.1$), а почвы промышленной и рекреационной зон загрязнены еще слабее ($Z_c=26.8$ и 25.1 соответственно). Средняя по городу величина Z_c составила 39.1 , что свидетельствует об опасном экологическом состоянии почв (рис. 3). При этом низкий, неопасный уровень ($Z_c < 16$) имеют 16.9 % опробованных точек; 39.8 % – средний, умеренно опасный ($16 < Z_c < 32$); 30.5 % – высокий, опасный ($32 < Z_c < 64$); 9.4 % – очень высокий, очень опасный ($64 < Z_c < 128$); 3.4 % – максимальный, чрезвычайно опасный ($Z_c > 128$).

Рассматривая коэффициенты опасности K_o отдельных элементов в почвах г. Серпухова, можно сделать вывод, что ПДК Zn и Pb превышены во всех функциональных зонах. Zn является самым сильным загрязнителем с многократным превышением ПДК и максимальным K_o в транспортной зоне, равным 5.1. Наиболее загрязненной зоной, в которой ПДК превышен по максимальному количеству элементов – 7 из 8 – является селитебная зона с застройкой сельского типа.

ВЫВОДЫ

1. Анализ почв города Серпухова показал, что наибольшее накопление ТММ характерно для Cu, Pb, Zn, Sn, W, Sb, Ni, Bi Cr, Cd. Эти элементы присутствуют в выбросах предприятий отраслей машиностроения и металлообработки, химической и нефтехимической, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей, производства строительных материалов, пищевой, легкой и военной. Аккумуляции этих элементов способствует изменение физико-химических показателей городских почв – увеличение содержания органического углерода и физической глины, нейтральная и слабощелочная реакция среды, повышение минерализации.

2. Для характеристики пространственного распределения ТММ составлены моноэлементные карты, на которых выявлены геохимические аномалии. Они приурочены в основном к промышленным зонам разной специализации, значительный вклад в их формирование вносят выбросы транспортной зоны. Так, техногенные аномалии сформировались в северо-западной (в северной промышленной зоне, где размещены завод им. Солнца, Серпуховской автозавод и завод «Химволокно»), северо-восточной (завод РАТЕП, Нефтебаза и Ватная фабрика) и южной (Серпуховской конденсаторный завод) частях города.

3. В г. Серпухове выделяются районы с очень опасным и чрезвычайно опасным уровнями загрязнения почв ТММ, которые характерны для центров геохимических аномалий.

4. Средняя по городу величина $Z_c = 39.1$ что свидетельствует об опасном экологическом состоянии почв. По величине Z_c зоны образуют ряд: транспортная (56.6) > селитебная с жилой застройкой городского типа (42.6) > селитебная с жилой застройкой сельского типа (39.1) > промышленной (26.8) > рекреационной (25.1). Что касается ПДК, то у элементов Zn и Pb наблюдается превышение значений во всех функциональных зонах. Среди функциональных зон наиболее загрязненными являются транспортная и селитебная зоны с городской застройкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2009. 184 с.
2. ГН 2.1.7.2041–06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
3. Города Подмосковья. Кн. 3. М.: Московский рабочий, 1981. 736 с.
4. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Моск. ун-та. Серия 5. География. 2015. № 2. С. 7–17.

5. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е., Власов Д.В. Мониторинг засоления снега и почв Восточного округа Москвы противогололедными смесями // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-2. С. 340–347.
6. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999. 768 с.
7. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния / Под ред. Н.С. Касимова. М.: ИП Филимонов М.В., 2014, 560 с.
8. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 336 с.
9. Экологическая ситуация в городе Серпухове и перспективы ее улучшения // Под ред. Ф.И. Хакимова, А.Ю. Поповой, А.С. Керженцева. М.: изд-во ПОЛТЕКС, 2000 г. 228 с.
10. Экологические функции городских почв / А.С. Курбатова, В.Н. Башкин, А.В. Смагин и др. М.: Маджента, 2004. 228 с.
11. Экологические требования к почвам и грунтам г. Москвы / Под ред. Н.Ф. Ганжары. М.: Агроконсалт, 2005. 32 с.
12. Demetriades A., Birke M. Urban Geochemical Mapping Manual: Sampling, Sample preparation, Laboratory analysis, Quality control check, Statistical processing and Map plotting. EuroGeoSurveys, Brussels, 2015. 162 pp.

Работа рекомендована д.г.н., в.н.с. географического факультета МГУ Н.Е. Кошелевой.

УДК 631.4

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ САБЛИНСКОЙ УЧЕБНО-НАУЧНОЙ БАЗЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Г.А. Касаткина, Н.Н. Матинян, А.А. Шешукова
Санкт-Петербургский государственный университет

ВВЕДЕНИЕ

Почвенный покров – закономерное пространственное распределение почв по территории в зависимости от существующих факторов почвообразования: почвообразующих пород, рельефа, растительности и т.д. Изучение почвенного покрова необходимо при решении ряда практических вопросов, в первую очередь планировании территории. Любые землеустроительные работы невозможны без изучения существующих типов почв и использования почвенной карты, представляющей собой изображение почвенного покрова.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Учебно-научная база Санкт-Петербургского государственного университета появилась в 1921 году на берегу реки Саблинка и располагалась в имении графов Кейзерлигов. В 1925 году она была перенесена на то место, где находится и ныне. В настоящее время учебно-научная база располагается в 40 км по Московскому шоссе, к юго-востоку от Санкт-Петербурга и находится на северной окраине пос. Ульяновка Тосненского района Ленинградской области, на левом берегу реки Тосны, неподалеку от места впадения в нее р. Саблинка (59°40' с.ш. и 30°50' в.д.). В последние годы проводилась коренная реконструкция базы, в связи с чем возникла необходимость составить почвенную карту и охарактеризовать почвы и почвенный покров учебно-научной базы СПбГУ «Саблино».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Природные факторы почвообразования

Климат. Согласно физико-географическому районированию Саблинская учебно-научная база и ее окрестности относятся к Лужско-Волховскому округу в пределах южной тайги Северо-Запада России [1]. Для нее характерен климат, переходный от континентального к морскому, с умеренно-теплым и влажным летом, с продолжительной умеренной холодной зимой. Близость территории к Балтийскому морю придает климату региона черты, свойственные морским побережьям – зима здесь смягчается, а осень оказывается теплее весны.

Среднегодовая температура региона составляет + 3.5 °С. Самый теплый месяц июль – (+18 °С), самый холодный февраль – (–8–(–9) °С). Сумма среднесуточных температур воздуха выше +10 °С, составляет здесь 1600–1700 °С. Продолжительность этого периода колеблется от 115 до 120 дней.

За год выпадает около 700 мм осадков, более 70 % которых выпадает в теплый период (с апреля по октябрь). Количество осадков превышает количество испаряющейся влаги на 200–250 мм, что обеспечивает положительный баланс влаги и благоприятствует развитию процессов заболачивания.

Рельеф. Территория Саблинской учебно-научной базы расположена в северо-восточной части Ижорской возвышенности (Ордовикское плато). Ордовикское плато ограничено с севера и северо-запада Балтийско-Ладожским уступом, к югу и юго-востоку плавно понижается и сменяется Волхов-Ильменской низменностью. Абсолютные высоты в районе базы составляют 30–40 м над у.м. Ордовикское плато представлено полого-волнистой и слабонаклонной равниной, нарушаемой изредка карстовыми формами рельефа (воронками, провалами).

Современный рельеф характеризуется основными чертами структурно-унаследованной равнины, которая подверглась абразии в ледниковый период [2]. Плато, в районе расположения базы, имеет некоторый уклон (около 2.5 м) в сторону реки Тосна и глубоко прорезано (на 20–30 м) долиной реки, которая узкой полосой ограничивает территорию базы с востока и тянется с севера на юг. Рельеф на территории базы выровненный, в центральной части наблюдаются незначительные понижения.

Геологическое строение. Территория базы располагается в северо-западной части Русской платформы, фундамент которой составляют кристаллические породы архейской эры: граниты, гнейсы, габбро-диабазы и др. Кристаллический фундамент залегает на глубине 300 м от поверхности [3]. Осадочный чехол Русской платформы сложен палеозойскими породами морского происхождения. В районе базы на склоне глубоко врезанной речной долины р. Тосны вскрываются кембрийские и ордовикские отложения (глины, пески, песчаники, известняки и диктионемовые сланцы). Древние осадочные морские породы перекрываются континентальными четвертичными отложениями.

Почвообразующие породы. Почвообразующие породы на территории базы и ее окрестностей представлены четвертичными отложениями: моренными суглинками, аллювием различного гранулометрического состава, делювиальными отложениями, а также коренными породами – палеозойскими песчаниками и песками, и элюво-делювием известняков.

Преобладающей почвообразующей породой являются моренные отложения лужской стадии валдайского оледенения. Их мощность колеблется от 2 м до 5–7 м. Моренные отложения по гранулометрическому составу средние и тяжелые суглинки, слабо каменистые, бурой или желтовато-бурой окраски. Для моренных отложений характерны несортированность, наличие грубообломочного материала в виде щебня и гальки кристаллических пород. На территории базы моренные суглинки не содержат известняковой дресвы. Породы характеризуются кислой либо слабокислой реакцией среды, невысоким содержанием обменных оснований. Аллювиальные отложения встречаются на притеррасной части поймы р. Тосны и представлены песками и супесями. Делювиальные отложения – отложения

плоскостного смыва накапливаются у подножья склонов в виде шлейфов мощностью не более 1 м. Состав отложений зависит от крутизны склонов, их геологического строения и степени обнаженности. Делювий отличается суглинистым гранулометрическим составом и неоднородным сложением, в нем встречаются песчаные линзы и обломки известняка. Элюво-делювий известняков, как почвообразующая порода, встречается в верхней части склона р. Тосны, а также выделено пятно на юго-востоке водораздельной территории базы. Элюво-делювий отличается высоким содержанием грубообломочной фракции (крупнее 1 мм), слабощелочной реакцией, высоким содержанием кальция и магния.

Палеозойские пески и песчаники выступают в качестве почвообразующей породы в нижней и верхней частях склона р. Тосны. Пески богаты кремнеземом, что обуславливает бедность формирующихся на них почв. Высокая водопроницаемость и низкая влагоемкость также способствуют слабому проявлению процессов почвообразования [4].

Растительность. Саблинская учебно-научная станция расположена в подзоне южной тайги, где в хвойных лесах присутствует незначительная примесь широколиственных пород. Широколиственные элементы в растительном покрове особенно заметны в местах, где известняки близко залегают к поверхности. Основной фон растительности еловые леса и мелколесья [5].

На территории базы естественная растительность сведена, преобладают разнотравно-злаковые луга: душистый колосок, полевица, лютик едкий, чина луговая, овсяница луговая. Большинство лугов образованы в результате вырубок и на заброшенных пашнях и огородах. Встречаются и пойменные луга. В притеррасной части распространены кустарниковые заросли ивы, встречаются таволга и гравилат речной.

Почвы и почвенный покров УНБ «Саблино»

Почвенное картирование территории базы проходило в июне 2014, в ходе которого была составлена почвенная карта в масштабе 1:500. Основой для нее послужила топографическая карта того же масштаба, составленная инженерами-геодезистами ООО «МИГ+» в 2013 году. Картографируемая территория имеет площадь 7.7 га.

Анализ топографической основы показал, что территория базы включает: водораздельную территорию рек Тосны и Саблинок с абсолютными отметками 32–35 м; склон к реке Тосна (подошва склона находится на отметках 6.5 м на севере участка, 8.5 м на юге исследованной территории, бровка – 26.6–33.1 м) и незначительную часть поймы реки Тосны (в основном приуроченную к южной части участка).

Самая высокая точка в пределах водораздельной территории 35.0 м расположена в северо-западной части базы в районе Володарского проспекта, у границы территории базы. Водораздел имеет общий уклон с востока-юго-востока на запад-северо-запад. Относительные превышения, наблюдаемые на водоразделе около 6 м (35–29 м).

Все здания (жилые, учебные помещения, столовая, столовая, сарай) располагаются, в основном, в северной и центральной частях базы и приурочены к самым высоким позициям (32.5–34.0 м). В центральной и северной частях наблюдаются плоские понижения (относительные превышения 1.5 м). К ним приурочены пожарные водоемы и пруды.

Склон к реке ровной формы, но имеет разную длину и крутизну. Южная часть склона более пологая, длина склона 50–60 м, относительные превышения около 24 м, крутизна 25°. Северная часть более крутая и имеет длину около 25 м и относительные превышения 24 м, крутизна 44°. Поэтому в этой части склона обнажения встречаются чаще, чем в южной. Водораздельная территория отделяется от склонового участка уступом. Наиболее резко уступ выражен к югу от учебного корпуса № 3. Между общежитием № 1, учебным корпусом № 2 и уступом наблюдается ровный и очень пологий склон, крутизна которого 12°. Пойма лучше выражена в южной части участка базы, здесь она имеет ширину 10–15 м. В центральной и северной части она почти не представлена.

Почвенный покров территории базы развивается в различных литолого-географических условиях. К территории базы относятся почвы, сформированные в пойме

р. Тосна, на крутом склоне и террасах реки и на водораздельном пространстве, примыкающем к склону. Именно положение в рельефе и определяет различия в почвообразующих породах, растительности и почвах. Основные типы почв, встреченные на территории базы, представлены на рисунке.

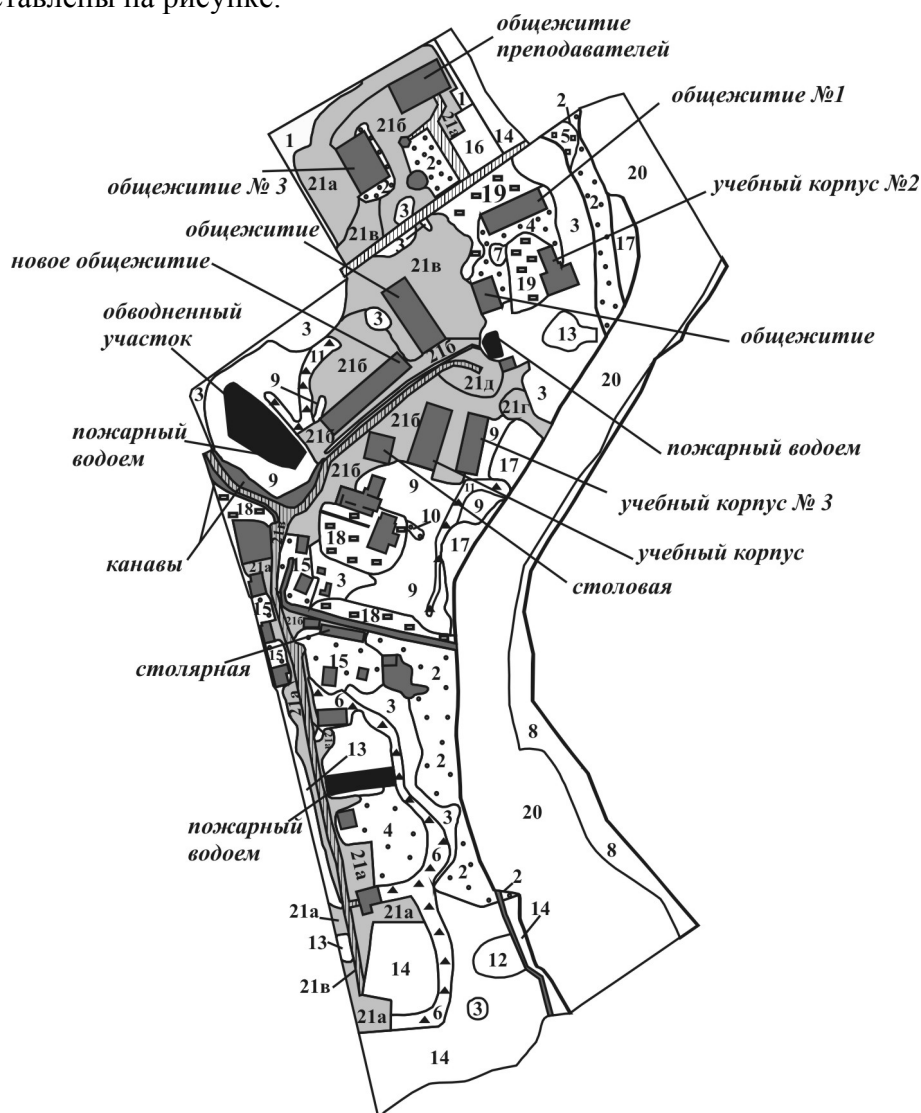


Рисунок. Карта-схема почвенного покрова учебно-научной базы «Саблино» Санкт-Петербургского государственного университета.

Экспликация к почвенной карте: 1 – дерново-подзолистая на моренных суглинках, 2 – дерново-подзолистая стратифицированная на моренных суглинках, 3 – дерново-подзолистая глееватая на моренных суглинках, 4 – дерново-подзолистая глееватая стратифицированная на моренных суглинках, 5 – дерново-подзолистая глееватая урбостратифицированная на моренных суглинках, 6 – дерново-подзолистая глееватая турбированная на моренных суглинках, 7 – дерново-подзолистая глееватая на моренных суглинках, 8 – серогумусовая аллювиальная на аллювиальных отложениях, 9 – серогумусовая глееватая на моренных суглинках, 10 – серогумусовая глееватая стратифицированная на моренных суглинках, 11 – серогумусовая глееватая турбированная на моренных суглинках, 12 – карболитозем на элювии известняков, 13 – перегнойно-глееватая на моренных суглинках, 14 – агродерново-подзолистая глееватая постагрогенная на моренных суглинках, 15 – агродерново-подзолистая глееватая стратифицированная на моренных суглинках, 16 – агрозем на моренных суглинках, 17 – стратозем серогумусовый на погребенной почве, 18 – урбостратозем серогумусовый на погребенной почве, 19 – урбостратозем темногумусовый на погребенной почве, 20 – мозаика почв склонов: карбо-литозем + псаммозем + серогумусовая почва на элюво-делювии, 21а – литострат мелкий на погребенной почве, 21б – литострат средний на погребенной почве, 21в – литострат мощный на погребенной почве, 21г – литострат сверхмощный на погребенной почве, 21д – ташет: литострат мелкий и литострат мощный на погребенной почве.

Всего на исследованной территории было выявлено 24 подтипа почв. Из них 9 относятся к группе естественных почв, 11 к антропогенно-преобразованным и 4 к почвоподобным телам. Ниже приведена табл. 1, показывающая классификационное положение этих почв [6].

Таблица 1. Классификационное положение почв УНБ «Саблино».

Естественные почвы	Антропогенно-преобразованные почвы	Почвоподобные тела
Ствол: Постлитогенные почвы Отдел: Текстурно-дифференцированные Тип: Дерново-подзолистые Подтипы: – Дерново-подзолистые типичные – Дерново-подзолистые глееватые Тип: Дерново-подзолисто-глеевые Подтипы: Дерново-подзолистые глеевые типичные Отдел: Органо-аккумулятивные почвы Тип: Серогумусовые Подтипы: – Серогумусовые типичные Тип: Серогумусовые глеевые Подтипы: – Серогумусовые глеевые типичные Отдел: Глеевые почвы Тип: Перегнойно-глеевые Подтипы: – Перегнойно-глеевые типичные Отдел: Литоземы Тип: Карбо-литоземы Подтипы: – Карбо-литоземы типичные Отдел: Слаборазвитые почвы Тип: Псаммозёмы Подтипы: – Псаммозёмы типичные Ствол: Синлитогенные почвы Отдел: Аллювиальные почвы Тип: Серогумусовые аллювиальные Подтипы: – Серогумусовые аллювиальные типичные	Ствол: Постлитогенные почвы: Отдел: Текстурно-дифференцированные Тип: Дерново-подзолистые Подтипы: – Дерново-подзолистые глееватые стратифицированные – Дерново-подзолистые глееватые урбостратифицированные – Дерново-подзолистые глееватые турбированные Тип: Агродерново-подзолистые почвы Подтипы: – Агродерново-подзолистые глееватые постагрогенные – Агродерново-подзолистые глееватые стратифицированные Отдел: Органо-аккумулятивные почвы Тип: Серогумусовые глеевые Подтипы: – Серогумусовые глеевые стратифицированные – Серогумусовые глеевые турбированные Отдел: Агроземы Тип: Агроземы Подтипы: – Агрозем типичный Ствол: Синлитогенные почвы Отдел: Стратоземы Тип: Стратоземы серогумусовые Подтипы: – Стратозем серогумусовый – Урбо-стратозем серогумусовый Тип: Стратоземы темногумусовые Подтипы: – Урбо-стратоземы темногумусовые	Группа: Натурфабрикаты Подгруппа: Литостраты – Литостраты мелкие – Литостраты средние – Литостраты мощные – Литостраты сверхмощные

Около 70 % площади базы находится на водораздельной территории. Склоны и пойма р. Тосны занимают около 30 % (табл. 2). Почвенный покров водораздельной территории представлен почвами, которые относятся к отделу текстурно-дифференцированных. Почвы этого отдела диагностируются по обязательному присутствию элювиального и текстурного горизонтов [7].

Анализ почвенной карты и табл. 1, 2 показал, что почвенный покров территории УНБ «Саблино» представлен как естественными, так и антропогенно-преобразованными почвами.

Среди естественных было выделено 8 типов почв, относящихся к постлитогенному и синлитогенному стволу. Почвы выделяются на уровне подтипов и относятся к пяти разным отделам.

Таблица 2. Почвенный покров УНБ «Саблино».

№ контура на карте	Название почвы	Доля от общей площади, %
1	Дерново-подзолистая на моренном суглинке	0.9
2	Дерново-подзолистая стратифицированная на моренном суглинке	5.3
3	Дерново-подзолистая глееватая на моренном суглинке	7.4
4	Дерново-подзолистая глееватая стратифицированная на моренном суглинке	2.5
5	Дерново-подзолистая глееватая урбостратифицированная на моренном суглинке	0.2
6	Дерново-подзолистая глееватая турбированная на моренном суглинке.	2.5
7	Дерново-подзолистая глеевая на моренном суглинке	0.1
8	Серогумусовая аллювиальная на аллювиальных отложениях	3.8
9	Серогумусовая глеевая на моренном суглинке	6.1
10	Серогумусовая глеевая стратифицированная на моренном суглинке	0.1
11	Серогумусовая глеевая турбированная на моренном суглинке	0.9
12	Карбо-литозем на элювии известняков	0.4
13	Перегойно-глеевая на моренном суглинке	2.2
14	Агродерново-подзолистая глееватая постагrogenная на моренном суглинке	8.5
15	Агродерново-подзолистая глееватая стратифицированная на моренном суглинке	2.1
16	Агрозем на моренном суглинке	0.6
17	Стратозем серогумусовый на погребенной почве	1.9
18	Урбостратозем серогумусовый на погребенной почве	2.4
19	Урбостратозем темногумусовый на погребенной почве	1.8
20	Мозаика* почв склонов: карбо-литозем + псаммозем + серогумусовая на элюво-делювии	21.2
21а	Литострат мелкий на погребенной почве	5.8
21б	Литострат средний на погребенной почве	7.0
21в	Литострат мощный на погребенной почве	4.9
21г	Литострат сверхмощный на погребенной почве	0.3
21д	Ташет**: литострат мелкий + литострат мощный на моренных суглинках	0.6
Непочвенные объекты: здания, дорожки, канавы, водоемы, свалки мусора и др.		10.5

*Мозаика почв представлена резко контрастными почвами, обусловленными различиями в почвообразующих породах

**Ташет – почвы представлены слабоконтрастными почвами, не имеющими генетической связи друг с другом, формируются под воздействием антропогенных факторов [8].

Наибольшую площадь занимает мозаика почв, приуроченная к склону реки Тосны – 21.2 %. Мозаика представлена: псаммоземами, серогумусовыми почвами и карболитоземами. Эти почвы занимают небольшие площади и часто резко сменяются обнажениями известняков, песчаных и суглинистых отложений, поэтому выделить отдельные контуры этих почв не представлялось возможным. Большая часть карболитоземов приурочена к верхней трети наиболее крутых склонов на карбонатных породах. Псаммоземы занимают срединное положение, к ним примыкают серогумусовые почвы, которые встречаются и в верхних, и в средних и в нижних позициях.

На высоких отметках водораздела по краю северной части базы под травянистой и кустарниковой растительностью залегают дерново-подзолистые почвы нормального увлажнения, сформированные на моренно-суглинистых отложениях. Это два небольших контура, занимающие 0.9 % от общей площади. В северо- и юго-восточной части базы в верхнем очень пологом склоновом положении рельефа располагаются дерново-подзолистые глееватые почвы. Они занимают значительные площади (7.4 %). Серогумусовые глеевые почвы (6.1 %) занимают совершенно плоские, практически не имеющие уклона позиции водораздельного пространства к югу от учебного корпуса № 3 и столовой и к юго-западу и западу от нового общежития. Дерново-подзолистая глеевая почва встречена в небольшом плоском понижении в центре базы среди серогумусовых глеевых почв (0.1 %). Перегнойно-глеевые почвы (2.2 %) расположены по западной границе базы, проходящей вдоль шоссе-канавы и на участке, примыкающем к пожарному водоему что, предположительно, и создает гидроморфные условия, необходимые для образования подобных почв. То есть на водораздельном пространстве преобладающими естественными почвами являются полугидроморфные (дерново-подзолистые глееватые) и гидроморфные (серогумусовые глеевые) почвы. Для дерново-подзолистых глееватых почв характерно наличие сизого оттенка или сизых пятен в нижних горизонтах. Эти почвы имеют почвенный профиль типа АУ–ЕL–BELg–BTg–Cg. Примером подобной почвы может служить разрез 211.

Разрез 211. Заложен в Ленинградской области, Тосненский район, УНБ «Саблино». Ижорская возвышенность. Водораздел рек Тосна и Саблинка. Под разнотравно-злаковой растительностью.

АУ 0–27(33) см. Серый, сырой, слегка уплотненный, бесструктурный, среднесуглинистый, встречаются единичные корни. Переход четкий, граница волнистая.

ЕL 27(33)–40 см. Белесый, влажный, уплотненный, плитчатый, среднесуглинистый, железистые новообразования в виде пятен и конкреций, мелкие гранитные камешки, за-теки гумуса. Переход в следующий горизонт заметный.

BELg 40–55 (57) см. Охристо-бурый с сизыми и белесыми пятнами, влажный, плотнее предыдущего, ореховато-плитчатый, тяжелосуглинистый. Встречаются железистые конкреции, остатки разложившихся корней. Переход постепенный.

BTg 55(57)–87(91) см. Бурый, с сизыми пятнами, влажный, плотный, призматический, тяжелосуглинистый. По граням структурных отдельностей выделяются глинистые кутаны, железистые конкреции, червороины. Переход постепенный.

Cg 87(91)–100 см. Бурый, с обильными сизыми и охристыми пятнами, мокрый плотный, но менее плотный, чем предыдущий, глыбистый, тяжелосуглинистый. Зеркало воды установилось на отметке 87 см.

Почва: дерново-подзолистая глееватая среднесуглинистая, на моренном суглинке.

Серогумусовые глеевые почвы имеют профиль (АУ–G). Они приурочены к замкнутым понижениям рельефа и к территориям рядом с пожарными водоемами, что увеличивает гидроморфизм почв, в связи с подтягиванием грунтовых вод ближе к поверхности. Примером подобной почвы может служить разрез 214.

Разрез 214. Заложен в Ленинградской области, Тосненский район, УНБ «Саблино». Ижорская возвышенность. Водораздел рек Тосна и Саблинка. Под разнотравно-злаковой растительностью.

АУ 0–20 см. Серый с сизоватым оттенком, сырой, уплотненный, комковатой структуры, среднесуглинистый, встречаются железистые конкреции, много корней. Переход заметный, граница волнистая.

Г 20–40 см. Грязно-сизый, мокрый, более плотный, чем вышележащий, бесструктурный, средне-легкосуглинистый, встречаются железистые пятна и конкреции, следы разложившихся корней. Приток воды с глубины 35 см.

Почва: серогумусовая глеевая среднесуглинистая на моренных отложениях.

Серогумусовые аллювиальные почвы встречаются в пойме реки Тосна. На территории, примыкающей к базе, пойма узкая и выражена очень слабо, поэтому площадь пойменных почв незначительна (3.8 %).

Общая площадь, занимаемая естественными почвами, составляет 41.7 %, и это в основном почвы, сформированные на очень крутом склоне. А на водораздельной территории они занимают очень незначительные площади.

Среди антропогенно-преобразованных почв было выделено 6 типов, также относящихся к постлитогенному и синлитогенному столам. Почвы выделяются на уровне подтипов и относятся к четырем разным отделам. Кроме почв была выделена группа почвоподобных тел.

Антропогенно-преобразованные почвы представлены стратифицированными и турбированными вариантами естественных почв, а также стратоземами и литостратами. Стратозёмы чаще всего присутствуют в местах старой застройки в северо-восточной и центральной частях базы и представлены стратоземами типичными и урбостратоземами, их общая площадь 6.1 %. Причем, урбо-стратоземы наблюдаются непосредственно рядом с постройками, и поэтому в них встречается значительное количество артефактов, а стратоземы типичные – на некотором расстоянии в нижней части пологого склона и рядом с уступом к реке. Возможно формирование стратоземов типичных (площадь 1.9 %) связано с естественными причинами, т.е. с естественным привносом органоминерального материала с талыми водами в нижнюю часть пологого склона. Контурсы почв урбостратоземов темных (1.8 %), встречаются в северной части базы в районе студенческого общежития № 1 и учебного корпуса № 2. И, возможно, здесь ранее была проведена подсыпка органического материала под цветочные клумбы или для высадки кустарников. Урбостратоземы серогумусовые расположены в центральной части базы и занимают 2.4 % площади. Все стратоземы сформированы на очень выположенной поверхности. Относительное превышение около 0.5 метра. Примером стратозема может служить разрез 213.

Разрез 213. Заложен в Ленинградской области, Тосненский район, УНБ «Саблино». Ижорская возвышенность. Водораздел рек Тосна и Саблинка. Под лесной растительностью, в напочвенном покрове преобладают сныть, ежа сборная, лютик.

РУ 0–20 см. Темно-серый, влажный, рыхлый, мелко-среднекомковатый, легкосуглинистый, включения мелкой дресвы, мелкие корни. Граница ровная, переход по цвету.

Р1 20–33 см. Красновато-бурый, свежий, уплотнённый, бесструктурный, песчаный, включение большого количества камней. Переход ясный по цвету.

Р2 33–58 см. Темно-серый, свежий, плотнее предыдущего, комковатый, легкосуглинистый, включение гравелистого материала. Переход резкий, граница ровная.

[АУ–ЕЛ–БЕЛ–ВТg] ниже 58 см. Погребенный профиль дерново-подзолистой глееватой почвы.

Почва: стратозем серогумусовый легкосуглинистый на погребенной (дерново-подзолистой глееватой) почве.

Стратифицированные почвы представлены: дерново-подзолистыми стратифицированными (5.3 %), дерново-подзолистыми глееватыми стратифицированными (2.5 %), дерново-подзолистыми глееватыми урбо-стратифицированными (0.2 %), серогумусовыми глеевыми стратифицированными (0.1 %). Общая площадь стратифицированных почв 8.1 %. Крупные контуры дерново-подзолистой стратифицированной почвы расположены в северо-восточной части базы, к низу пологого склона (здесь еще ниже по склону располагается стратозем серогумусовый, что также подтверждает вероятность возникновения этих почв за счет естественного привноса сюда органико-минерального материала). А также на юго-востоке – тоже в нижней части склоновой позиции, примыкающей к уступу. Небольшие контуры этих почв наблюдаются в северной части базы, их возникновение, скорее всего, связано со строительными работами и некоторой планировкой территории. Дерново-подзолистая глееватая стратифицированная почва приурочена к южной части территории и занимает очень плоскую часть между небольшими постройками. Серогумусовая глееватая стратифицированная почва занимает небольшое блюдцеобразное понижение в центре контура серогумусовой глеевой почвы.

К антропогенно-преобразованным относятся и турбированные варианты естественных почв они выявлены в местах прохода строительной техники для подвозки материалов или при прокладывании труб. Это контур дерново-подзолистых глееватых турбированных в южной части базы (2.5 %) и серогумусовых глеевых турбированных почв на северо-западе (0.9 %).

Агропочвы (11.2 %) встречаются рядом с административными, жилыми и заброшенными зданиями, в основном в южной части базы, под бывшими полями и огородами. К ним относятся контуры агродерново-подзолистой глееватой стратифицированной почвы (2.1 %), агро-дерново-подзолистой глееватой постагрогенной (8.5 %), и контур агрозема, расположенный в северной части базы (0.6 %).

Значительные площади заняты литостратами. На их долю приходится 18 % от общей площади. Эти почвоподобные тела расположены в основном в северной части базы в местах нового строительства 2014 года. Наиболее мощные литостраты наблюдаются по линии канализации, а так же в местах отвалов. Литостраты по «Классификации и диагностике почв России» 2004 года это техногенные поверхностные образования (ТПО), которые относятся к группе натурфабрикатов (т.е. созданные из природного материала) на уровне подгруппы. «Это насыпные минеральные грунты..., грунтовые насыпи и выравненные грунтовые площадки, создающиеся при разработке и обустройстве месторождений полезных ископаемых, строительстве поселков и пр.»

На исследуемой площади были выделены литостраты различной мощности от 5 до 100 см, поэтому они были разделены на четыре вида: мелкий (до 10 см), средний (10–30 см), мощный (30–50 см) и сверхмощный (больше 50 см). Для диагностики литостратов был введен новый горизонт R – представляющий из себя бесструктурную массу естественного генезиса, антропогенно привнесенную на поверхность почвы. Типичный профиль литострата имеет вид: R–[A–B–C]. Разделение на виды происходит по мощности горизонта R. Примером литострата мощного может служить разрез 4.

Разрез 4. Заложен в Ленинградской области, поселок Саблино, УНБ СПбГУ «Саблино». Ижорская возвышенность, водораздел рек Тосна и Саблинка, плакорный участок. Антропогенно-преобразованный ландшафт, растительности нет.

R 0–51 см. Палево-бурый в нижней части коричневатобурый, с ржавыми и серыми пятнами, влажный, уплотненный, местами до плотного, глыбистый в нижней части бесструктурный, тяжелосуглинистый, включения – ветки разного размера, переход заметный по цвету, граница ровная.

AУ 51–58(63) см. Темно-серый, увлажненный, плотный, тяжелосуглинистый, бесструктурный, включения крупнозернистого песка, включения древесных корней, переход заметный, граница волнистая.

EL 58(63)–68 см. Белесый с охристыми вкраплениями, увлажнённый, уплотненный, структура плитовидная, тяжелосуглинистый, включения ветвей, подтеки гумуса, железистые конкреции, переход неясный по цвету, граница волнистая.

BT 68–77 см. Серо-коричневый, с белесыми пятнами и охристыми вкраплениями, увлажненный, уплотненный, плотнее предыдущего, структура плитчатая, тяжелосуглинистый, кутаны, железистые конкреции.

Почва: литострат мощный тяжелосуглинистый на погребенной дерново-подзолистой почве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на территории УНБ «Саблино» доминируют антропогенно-преобразованные почвы – 58.3 %, среди которых примерно одна треть приходится на почвоподобные тела. Естественные почвы занимают меньшую территорию – 41.7 %. Среди них преобладают полугидроморфные и гидроморфные почвы, которые нуждаются в мелиорации. Увеличение доли антропогенно-преобразованных почв в почвенном покрове, а так же заболачивание территории базы связано, прежде всего, со строительными работами 2014 года. Тяжелой техникой разрушены дороги и дорожки. В процессе копки канав (для проведения коммуникаций) на поверхность были выброшены большие объемы моренных суглинков, которые во влажный период создают условия к застою влаги, и как следствие ведут к еще большему заболачиванию территории. В связи с этим мы считаем необходимым провести мероприятия по улучшению территории научно-исследовательской базы:

- провести планировку поверхности всей нарушенной территории базы; улучшить дорожную сеть (дорожки засыпать песком, либо заасфальтировать);

- укрепить восточный склон к реке Тосна, где интенсивно развиваются эрозионные процессы и оградить склоновые участки по всей территории базы забором, выполненным из любого материала;

- сделать каменный бордюр вокруг пожарных водоемов (перед этим их необходимо очистить от мусора, мелкого кустарника, водной растительности);

- прочистить на всей территории базы мелиоративные каналы и обратить особое внимание на участок за пожарным водоемом у нового студенческого общежития, где в настоящий момент нарушена мелиорация, и канализационный сток не поступает в общую систему;

- создать парковочную автостоянку. Ее целесообразно разместить в северной части базы между старым общежитием № 3 и западной границей базы. Эта зона в настоящий момент сильно нарушена, турбированна. Необходимо провести на этой территории планировку и заасфальтировать.

Рекомендуется провести озеленительные работы по всей территории базы: территории покрытые литостратами выровнять, нанести слой песка, покрыть сверху гумусовым горизонтом мощностью 10–15 см и засеять газонной смесью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаченко Г.А., Дашкевич В.В., Карнаухова Е.В. Физико-географическое районирование Северо-Запада РСФСР. Л., 1965, 205 с.
2. Методическое руководство по учебной полевой геоморфологической практике на базе Саблинской научно-учебной станции СПбГУ/ Балтрамович С.Ф., Гришин В.Ю., Жирова А.И., Кудинова Т.М., Лопатин ДВ., Михайдов К.В., Мусатов Ю.Е., Постнов И.С., Сытина И.А., Шавель Н.И., СПб, 2007, 64 с.
3. Николаева Т.В. Геологическое строение и рельеф / Методические указания по проведению летней практики по ботанической географии и почвоведению Ч.1., СПб, 1999, 191 с.
4. Матинян Н.Н., Бахматова К.А. Почвы северо-восточной части Ордовикского плато и методика их полевого изучения. СПб, 2010, 76 с.

5. *Денисенков В.П.* Растительность / Методические указания по проведению летней практики по ботанической географии и почвоведению Ч.3., СПб, 1999, 191 с.
6. *Классификация и диагностика почв России* / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004, 341 с.
7. *Розанов Б.Г.* Морфология почв: Учебник для высшей школы. М., 2004, 432 с.
8. *Фридланд В.М.* Структура почвенного покрова. М., 1972.
9. *Федоров А.С., Горячкин С.В., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н.* География почв. СПб., Изд-во С.-Петербург. Ун-та, 2013.

УДК: 631.95/ 579.6

ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ-НЕФТЕДЕСТРУКТОРОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗАХ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

Ю.С. Казадаева

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

В последние годы актуальность биологических методов очистки загрязненных территорий стремительно возрастает. Но не всегда эти методы проверяют на безопасность в различных климатических зонах РФ. В данной работе представлены исследования по биологической очистке загрязненных углеводородами типичных для Северо-Запада РФ почв. Для оценки возможного токсического действия продуктов жизнедеятельности микроорганизмов-нефтедеструкторов поставлен вегетационный опыт на пшенице яровой. Полученные результаты позволяют утверждать об их эффективности и незначительной токсичности для сельскохозяйственных культур.

ВВЕДЕНИЕ

Решение проблемы антропогенного загрязнения окружающей среды нефтью относится к первоочередным экологическим задачам. Загрязнение почв углеводородами, приводит к нарушению естественного биоценоза, ухудшению агрохимических и агрофизических свойств почвенного покрова, урожайности сельскохозяйственных культур, что влечёт за собой изъятие плодородных земель из оборота [3]. Наибольший ущерб это приносит в районах, где широко развита сельскохозяйственная деятельность. Без проведения эффективных мероприятий по ликвидации последствий попадания нефти и нефтепродуктов в окружающую среду, количество загрязнённых территорий будет неуклонно расти [1]. Такие распространённые методы, как механический сбор, отжим и выжигание нефти, вывоз и захоронение загрязнённой почвы, не только являются неэффективными, но и могут нанести дополнительный вред окружающей среде [2].

Важными задачами являются разработка и усовершенствование высокоэффективных и безопасных способов очистки загрязнённых территорий. Одной из таких технологий удаления нефтяных загрязнений, во многих странах подтвердивших перспективу применения, является использование активных штаммов природных почвенных микроорганизмов-деструкторов [3].

Так как в процессе микробиологического разложения нефти и нефтепродуктов на более простые фракции повышается вероятность проявления синергизма, влияющего на рост и развитие растений, целью нашего исследования стало: дать оценку токсического действия продуктов жизнедеятельности микроорганизмов при деструкции нефти на рост и развитие растительного покрова. Задача опыта – установить при каких дозах минерального питания токсическое действие продуктов разложения нефти будет оказывать наименьшее влияние на рост и развитие зерновой культуры в условиях Северо-Запада.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для оценки токсического действия продуктов жизнедеятельности микроорганизмов-деструкторов при различных дозах азотного питания на базе Аграрного университета был заложен вегетационный опыт, в качестве культуры-индикатора была выбрана яровая пшеница, как культура наиболее требовательная к условиям произрастания.

Для закладки опыта бралась среднекультуренная, со средним содержанием гумуса и слабокислой реакцией среды, типичная для зоны дерново-подзолистая среднесуглинистая почва.

В качестве микроорганизмов-деструкторов использовались природные углеводородокисляющие активные бактериальные штаммы, относящиеся к родам: *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Bacillus*. Данные штаммы культивировались на питательной смеси Эванса. Перед закладкой опыта была произведена ферментация нефти микроорганизмами в течение двух месяцев.

Схема опыта представлена семью вариантами в трёхкратной повторности. Закладка проводилась 2 августа 2016 года, растения яровой пшеницы выращивались в пластмассовых сосудах объёмом 1 литр, масса почвы – 1 кг. Концентрация вносимых микроорганизмов-деструкторов с переработанной ими нефтью и чистой нефти составила по 1 % от массы почвы. Фоновое удобрение – аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий ($P_{0.1}K_{0.1}$).

Схема опыта:

1. Фон ($P_{0.1}K_{0.1}$)
2. Фон + $N_{0.1}$
3. Фон + $N_{0.2}$
4. Фон + $N_{0.3}$
5. Фон + $N_{0.1}$ + нефть + м/о 1 % (1:1)
6. Фон + $N_{0.2}$ + нефть + м/о 1 % (1:1)
7. Фон + $N_{0.3}$ + нефть + м/о 1 % (1:1)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Уборка опыта производилась в два этапа – на 50 и 86 день вегетации. За это время пшеница прошла лишь фазу кущения, что свидетельствует о критическом ингибировании роста и развития культуры. Так же было отмечено снижение защитных функций растений, и массовое поражение их злаковой тлёй, а так же мучнистой росой. По окончании опыта нами была проведена сравнительная характеристика растительного материала по следующим показателям: высота, сухая и зелёная масса и накопление питательных элементов (NPK).

Таблица 1. Зависимость высоты растений от токсичности вносимых компонентов.

Вариант	Средняя высота, см/сосуд	
	50 день вегетации	86 день вегетации
Фон	34.5	26.4
Фон + $N_{0.1}$	45.0	36.1
Фон + $N_{0.2}$	48.9	33.1
Фон + $N_{0.3}$	51.7	33.1
Фон + $N_{0.1}$ + н + м/о	44.0	33.5
Фон + $N_{0.2}$ + н + м/о	47.5	37.6
Фон + $N_{0.3}$ + н + м/о	44.2	37.9
Стандартное отклонение	±5.5	±3.9

На 50 день вегетации в табл. 1 можно отметить отсутствие токсического действия заданной концентрации нефти (1 %) на развитие пшеницы по отношению к фону. Разница в фенологических показателях вариантов с микроорганизмами и без их использования не

существенна и не превышает 15 %. Наименьшее токсическое действие при внесении нефти и микроорганизмов отмечено в варианте с применением средних (рекомендованных) доз азотных удобрений. На 86 день вегетации, мы наблюдаем резкое снижение высоты растений пшеницы, в сравнении с 50 днём вегетации, по причине снижения продуктивности и отмирания растительного материала.

Таблица 2. Средняя урожайность зелёной массы и сухого вещества в пшенице.

Вариант	Средняя урожайность, гр/ сосуд			
	50 день вегетации		86 день вегетации	
	Зелёная масса	Сухое вещество	Зелёная масса	Сухое вещество
Фон	7.4	2.6	4.6	1.9
Фон + N _{0.1}	19.7	2.6	11.5	3.4
Фон + N _{0.2}	25.4	2.9	10.2	4.3
Фон + N _{0.3}	24.2	3.4	9.4	4.0
Фон + N _{0.1} + н + м/о	14.5	2.0	7.0	2.5
Фон + N _{0.2} + н + м/о	22.4	3.1	6.7	2.6
Фон + N _{0.3} + н + м/о	21.3	1.4	7.0	3.2
Стандартное отклонение	±6.3	±0.7	±2.4	±0.9

В табл. 2 отражена урожайность зелёной массы пшеницы, включая пересчёт на массу сухого вещества на 50 день вегетации. Мы видим, подобную высоте растений зависимость в показателе зелёной массы. Данные сухой массы варьируют в широких пределах, что характеризуется обводнённостью растительного материала. На 86 день вегетации масса растений во всех вариантах превышает показатели фона. Можно отметить снижение массы растений, в сравнении с 50 днём вегетации растений, что связано с их усыхания и сильной поражённости болезнями и вредителями.

Таблица 3. Среднее накопление питательных элементов (NPK) в растениях пшеницы.

Вариант	Среднее содержание питательных элементов, %					
	50 день вегетации			86 день вегетации		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Фон	1.2	0.9	5.3	0.9	0.8	2.3
Фон + N _{0.1}	1.7	1.0	5.1	1.6	0.9	4.2
Фон + N _{0.2}	2.4	1.1	4.9	2.1	0.8	3.1
Фон + N _{0.3}	3.3	1.0	3.2	2.6	0.8	2.3
Фон + N _{0.1} + н + м/о	2.2	1.5	4.4	1.4	1.2	2.9
Фон + N _{0.2} + н + м/о	2.1	1.1	4.2	1.6	1.1	4.0
Фон + N _{0.3} + н + м/о	2.9	1.2	4.4	1.8	1.0	2.3
Стандартное отклонение	±0.7	±0.2	±0.7	±0.5	±0.2	±0.8

Содержание питательных элементов в пшенице отмечено в табл. 3, так содержание азота в соломе имеет линейную зависимость от дозы внесения, снижение содержания данного элемента на 86 день вегетации определяется старением растений и преобладание распада белков над их синтезом. Содержание фосфора не имеет существенных различий, как между вариантами, так и между различными днями вегетации. На 50 день вегетации содержание калия в вариантах без применения микроорганизмов-деструкторов и нефти выше, в силу более интенсивных биохимических процессов и отсутствие токсических компонентов. Снижение содержания калия на 86 день вегетации объясняется отмиранием растительного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования, было выявлено, что продукты жизнедеятельности микроорганизмов-деструкторов и нефть в заданной концентрации не оказывают токсического влияния на дружность прорастания семян на начальных этапах развития. Вызывают ослабление защитных функций растений и высокую поражаемость болезнями и вредителями, в частности мучнистой росой и злаковой тлёй.

На 50 день вегетации – прямо пропорциональная зависимость дозы внесенных азотных удобрений на показатели: высота растений, зелёная и сухая масса растений. Наименьшее токсическое действие при внесении нефти и микроорганизмов наблюдается в варианте с применением средних (рекомендованных) доз азотных удобрений.

На 86 день вегетации отмечен максимальный уровень поражённости растений болезнями и вредителями, приводящее к гибели зерновой культуры, существенного различия в показателях массы растений пшеницы при применении различных доз азотного питания не отмечено.

Содержание питательных элементов в соломе пшеницы снижается на 86 день вегетации во всех вариантах и со всеми элементами, за исключением фосфора, который на протяжении всего периода вегетации имеет примерно равное содержание. Накопление азота при применении различных доз – имеет линейный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства/ Материалы международной научно-практической конференции Казанского ГАУ посвященной 95-летию агрономического факультета.*– Казань: Изд-во Казанского ГАУ. – 2014.– С.35–39.
2. *Петриков К.В.* Получение сухой формы биопрепарата очистки от нефтяных загрязнений и изучение его свойств при долговременном хранении // Известия Тульского государственного университета.– 2010.– № 1.– С. 186–195.
3. *Томпсон А.Э.* Эффективность применения композиционного материала на основе торфа и микроорганизмов-деструкторов для рекультивации нефтезагрязненных земель // Промышленная экология: сборник трудов Международной научно-технической конференции, 27–28 октября 2015 г. – 2015. – С. 231–236.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. М.В. Киселёвым.

УДК 631.42:551.8

ГЕНЕЗИС И СВОЙСТВА ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

Е.А. Коркина

Санкт-Петербургский государственный университет,

На основе изучения педогенетических свойств почвенно-осадочных толщ возвышенностей центральной части Западно-Сибирской равнины, Сибирских увалов и Аганского увала, реконструированы природно-климатические условия, в которых формировались позднеплейстоценовые и голоценовые почвы.

ВВЕДЕНИЕ

Для территории Западно-Сибирской равнины стратиграфическая последовательность отложений севера исследуется давно [1, 2, 4, 8, 9, 10, 12]. Основная концепция о покровном материковом оледенении территории [8] для Западно-Сибирской равнины, была высказана и сформулирована П.А. Кропоткиным (1873). В обобщенных сведениях, по Северной и Центральной Азии, В.А. Обручевым (1931) высказана теория о Тазовском

леднике, двигавшемся с севера [12]. Первые сомнения о материковых оледенениях Западной Сибири были высказаны И.Д. Черским (1882) и С.Н. Никитиным (1885), которые полагали, что оледенение либо было слабым, либо его вовсе не было; однако, их гипотезы поддержаны в то время не были [9, 12]. Раскрывая данный дискуссионный вопрос, обратимся к исследованию свойств погребенных почв и осадочной толщи.

Во многих обнажениях, имеющих также широкое площадное распространение, в долинах рек Оби и Ваха, под осадочной толщей, представленными рыхлыми отложениями сменяющихся эпох криохронов, фиксируются горизонты палеопочв, сформированные в термохроны. Свойства погребенных почв и осадочной толщи дают информацию о палеоэкологических обстановках, процессах и условиях осадконакопления. Реконструкцию природных условий, генезиса палеопочв и дневных почв возможно произвести, дифференцируя ритмы осадконакоплений, соотнося с известными климатическими хронорядами. Принимая во внимание педоседиментационные процессы, протекающие в различные хроноряды на территории центральной части Западно-Сибирской равнины были изучены свойства погребенных почв и осадочных пород.

В основном, погребенные почвы относятся к возвышенностям и террасам, обнажающиеся эрозионной деятельностью рек [1]. К возвышенностям центральной части Западно-Сибирской равнины относятся: Сибирские увалы и их отроги – Аганский увал и Белогорский материк, Верхнетазовская возвышенность, Северо-Сосьвинская возвышенность, Вах-Тымская возвышенность, Юганско-Ларьёганская возвышенная терраса. Вершины возвышенностей имеют абсолютную высоту 200–250 м, пологие слаборасчлененные склоны – 130–200 м (рис. 1).

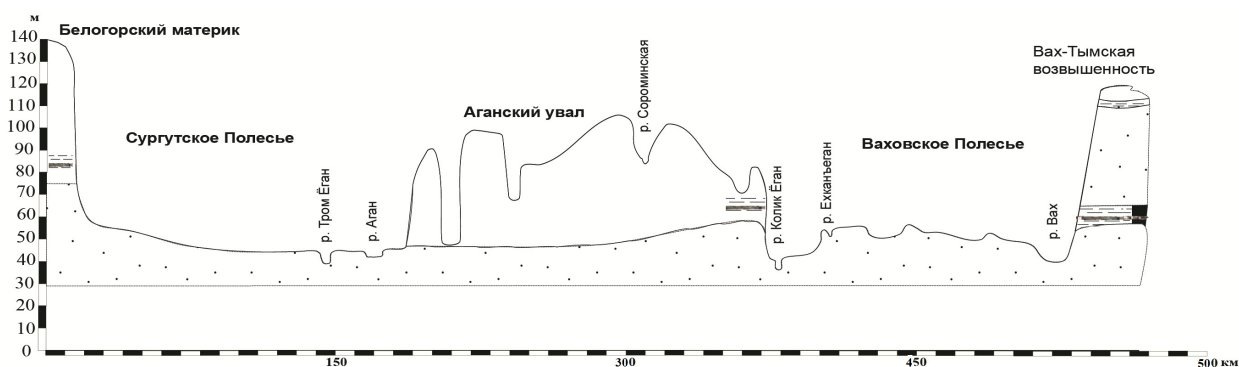


Рисунок 1. Схема расположения возвышенностей центральной части Западно-Сибирской равнины.

Сибирские увалы являются одной из возвышенностей центральной части Западной Сибири, они вытянуты в широтном направлении и представляют собой слабовсхолмленную возвышенную равнину, расположенную между заболоченными бассейнами: правобережных притоков Оби с юга и притоками Надыма, Пура и Таза с севера. Абсолютные высоты увалов не превышают 160 м.

Непосредственно разрез Аганского увала заложен в его северо-восточной части. Ландшафтная принадлежность Аганского увала определяется водораздельной поверхностью между террасированными поверхностями Сургутского Полесья и Ваховского Полесья (рис. 1), которые представлены озерно-болотными провинциями, сформированными на озерно-аллювиальных отложениях среднеплейстоценового возраста.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Ключевыми объектами исследования педогенетических свойств голоценовых и плейстоценовых почв стали разрез «Зеленый остров» юго-восточной части Сибирских увалов в пределах высокого берега р. Глубокий Сабун и разрез Аганского увала, вскрывающий эродированное рекой Коллек-Ёган обнажение. Разрез «Зеленый остров» показывает: современную почву – подзол иллювиально-железистый, сформированный на песках

и, перекрытые супесчаной толщей, палеопочвенные горизонты темногогумусовой глеевой почвы. Разрез Аганского увала с дневной поверхности вскрывает: органо-криометаморфическую почву и, перекрытый под толщей пылеватого суглинка, с явными признаками криотурбации, погребенный палеопочвенный криогумусовый горизонт, представленный коричневым плотным суглинком.

В ходе полевых исследований и описаний были выделены по морфологическим свойствам дневные и погребенные горизонты и слои разрезов. Радиоуглеродное датирование производилось для погребенных гумусовых горизонтов. Определение гранулометрических размерностей в литогенной части исследуемых разрезов является приоритетным методом при изучении педогенетической летописи, так как эти показатели дают возможность проследить смену природно-климатических условий. Измерение гранулометрических фракций производили методом Н.А. Качинского. Органическое вещество в современных и палеопочвах является носителем информации о природных условиях, в которых протекало активное формирование гумуса [6]. Содержание углерода было оценено по методу Тюрина в модификации ЦИНАО ГОСТ 26213 с окончанием на фотоэлектроколориметре КФК. Фракционный состав гумуса изучали методом Тюрина в модификации Пономарёвой – Плотниковой [11]. Величины водородного показателя и обменных оснований при изучении палеопочв не относятся к педогенетическому методу, однако, эти показатели могут коррелировать с литологическими ритмами при смене пород. Измерения pH произведены кондуктометром inoLab 740. Водная вытяжка приготовлена согласно ГОСТ 26423-85, солевая вытяжка – ГОСТ 26483-85. Определение содержания обменных оснований (Ca^{2+} и Mg^{2+}) выполнены согласно ГОСТ 26487-85.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Горизонты почвенно-осадочных толщ изученных профилей Сибирских увалов и Аганского увала продемонстрировали хорошие перспективы для интерпретации результатов генезиса позднелейстоценовых почв. Выбор методов обеспечивает надежность в изучении педогенетических особенностей палеопочв и их сравнении с дневными почвами.

В геологическом плане Сибирские увалы имеют двуслойное строение. Разрез «Зеленый остров» является эталоном осадконакопления от верхнего плейстоцена до голоцена в пределах восточной части Сибирских увалов центра Западной Сибири, отложения формировались в конце эоценового – начале олигоценового периодов в озерно-аллювиальных условиях. На севере Сибирских увалов вскрывается нерасчлененная система палеоген-неогенового возраста, представленная песком с гальками и прослойками песчаных глин [7]. Здесь выявлены этапы интенсивного накопления отложений и этапы почвообразования: голоцен – подзол иллювиально-железистый и мощный грубогумусовый горизонт 30 см на глубине 3.85 м.

Возраст палеопочвы разреза «Зелёный остров», согласно полученной радиоуглеродной дате для органического вещества из гумусового горизонта, составляет 25693—27748 лет СОАН-7550 cal BP, что соответствует переходу между стадиями МИС 3 (Среднекаргинский период). Погребенный гумусовый горизонт палеопочвы, а также выше и ниже лежащие слои четвертичных отложений являются носителями информации о свойствах процесса почвообразования, климатических и биотических характеристиках в прошлом. Разрез «Зеленый остров» с погребенной почвой хорошо дифференцируется по педогенетическим особенностям. Верхняя часть разреза голоценового времени до глубины 140 см сформирована песчано-супесчаными отложениями, с прослойкой галечникового материала мощностью 40 см на глубине одного метра [3]. Гранулометрический анализ показал, что содержание пылеватых и илистых частиц в верхней части разреза не превышает 10 %. Резкое увеличение доли тонкодисперсных фракций до 65 % происходит с глубины 140 см, что свидетельствует о резкой смене природно-климатических условий. В позднесартанских горизонтах диагностируется увеличение содержания среднепылеватой фракции до 40 % и ниже по разрезу до глубины 385 см (граница с погребенным гумусом).

вым горизонтом палеопочвы) – преобладание мелкой пыли (до 27 %) и ила (до 29 %). К подошве разреза происходит увеличение содержания песчаной фракции до 88 %. В состав галечникового материала входят базальтовые породы среднесибирского плоскогорья, долерит, разновидности халцедона (сердолик красный, оранжевый, агат, оникс, сардер коричневым, яшма) [7].

Содержание органического вещества в разрезе имеет также резко дифференцированный характер. Содержание органического вещества по профилю подзола уменьшается с глубиной от 2.16 % в горизонте АО, 1.31 % в горизонте Е, 1.97 % в иллювиально-железистом горизонте ВF. Увеличение содержания органического вещества происходит в позднесартанских горизонтах (5.77–8.35 %), достигая максимума в погребенном гумусовом горизонте палеопочвы – 15.87 %. Реакция среды не является идентификационным признаком при изучении палеопочв, однако полученные результаты показали резкую контрастность современного подзола, который имеет слабокислую среду горизонта АО (рН водный – 5.87, рН солевой – 4.91) и плейстоценовой почвы, которая имеет нейтральную реакцию среды (рН водн от 6.7 до 6.55). Содержание в гумусовом горизонте палеопочвы обменных оснований (Ca^{2+} 10.39 ммоль(+)/100 г, Mg^{2+} 46.52 ммоль (+)/100 г), в сравнении с содержанием этих элементов в органогенном горизонте подзола (Ca^{2+} 1.05 ммоль (+)/100 г, Mg^{2+} 0.50 ммоль (+)/100 г) выше в десятков раз.

Таким образом, нейтральная реакция палеопочвы, в отличие от кислотности подзола, а также более высокое содержание органического вещества и поглощенных катионов кальция, указывают на формирование палеопочвы во время термохрона, в котором господствовали условия более континентального и менее влажного климата, чем в предыдущий криохрон. Такой педогенез мог формироваться в условиях континентальной тундры, степи тундры, а также в условиях холодных континентальных арктических лесов.

Ключевой разрез Аганского увала по гранулометрическому составу дифференцируется на несколько слоев: верхняя голоценовая криометаморфическая почва с преобладанием крупнопылеватых фракций 58–60 %; погребенный иллювиально-текстурный горизонт с увеличенным содержанием крупнопылеватых (до 43 %) и илистых фракций (до 24 %); оглеенные криотурбированные слои с наибольшим содержанием мелкого песка – 44 %, погребенный перегнойно-темногумусовый горизонт с высоким содержанием крупнопылеватых частиц – 38 %; супесчаные слои с увеличением песчаных фракций до 61 %. В целом, разрез, до глубины 10 м, сложен пылеватым суглинком и не содержит песчаных фракций, кроме нижних слоёв, представленных Казанцевскими песками, что отличает разрез Аганского увала от разреза «Зелёный остров» Сибирских увалов. Содержание органического вещества в разрезе Аганского увала невелико, до глубины 8.90 м варьирует от 0.38 % до 0.90 %. Погребенный перегнойно-темногумусовый горизонт представляет собой очень плотную, буровато-коричневую глину, с раковистым изломом внутрипедной массы и охристыми размытыми пятнами по всему горизонту. В целом, облик этого горизонта морфологически напоминает спрессованные, хорошо переработанные отложения сапропеля, образованные в холодных, бессточных водах. Содержание органического вещества в горизонте [АН] составляет 3.87 %. Радиоуглеродное датирование экстрагированных гуминов из образца погребенного горизонта показал возраст 27300 лет cal BP, что соответствует переходному периоду между стадиями МИС 3 (Среднекаргинский период). Величина водородного показателя дифференцирует разрез на современную органо-криометаморфическую почву со слабо кислой реакцией среды (рН 4.91 и 5.75) и погребенные слои с нейтральной реакцией среды (рН 7.45 и 6.90) в погребенном перегнойно-темногумусовом горизонте. Низкое содержание поглощенных катионов кальция и магния в погребенном водно-аккумулятивном горизонте (Ca^{2+} – 0.18 ммоль(+)/100 г, Mg^{2+} – 0.25 ммоль (+)/100 г), говорит о низкой активности биогенного фактора в условиях арктической тундры перегляциальной зоны. Энтомологические и палеоботанические данные из отложений Сартанского и Позднекаргинского периода (МИС2–МИС3) отражают существование на территории центральной части Западно-Сибирской равнины достаточно

суровых условий, обуславливавших распространение открытых безлесных ландшафтов типа современных тундр [5]. В отличие от сформировавшегося в голоцене грубогумусового горизонта органо-криометаморфической почвы содержание поглощённых катионов несколько увеличено (Ca^{2+} – 1.05 ммоль (+)/100 г и Mg^{2+} – 0.80 ммоль (+)/100 г).

Физико-химический состав и морфологические свойства погребенного перегнойно-темногумусового горизонта с водно-аккумулятивными признаками указывают на некоторые водные условия, в которых происходило спокойное осадконакопление донных отложений. Выше лежащие слои Сартанского возраста (МИС 2) представлены «вихревыми», «заломными» слоями оглеенных суглинков и пылеватых супесей, что указывает на криотурбационные процессы, которые происходили после некоторого потепления в Каргинский период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Некоторые результаты проведенного исследования стратиграфических разрезов, с включенными в них палеопочвами позднеплейстоценового времени, определяют историю развития ландшафта и климатических изменений. Исследованные разрезы соотносятся с определенными местоположениями, а именно, они приурочены к возвышенностям, сложенным с поверхности породами разного литологического состава: песком на Сибирских увалах и пылеватым суглинком на Аганском увале.

Разрезы свидетельствуют о разных условиях осадконакопления. В период Каргинского межстадиала природно-климатические условия соответствовали современным аркто-тундровым условиям Западно-Сибирской равнины. Возможно, основным условием формирования мощного гумусового горизонта палеопочв являлась ретинизация, связанная с накоплением органического вещества над мерзлыми породами и хорошему разрастанию гидрофильного травяно-мохово-кустарничкового яруса. Палеопочва Аганского увала сформирована в период термохрона, однако, данные условия были более холодные, нежели современные условия, а периодическое таяние мерзлых пород перигляциальной зоны, способствовало водно-аккумулятивному накоплению органогенных остатков.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зиновьев Е.В., Бородин А.В., Трофимова С.С., Шейнкман В.С., Русаков А.В., Седов С.Н., Бобков Р.А.* Позднеплейстоценовые энтомокомплексы разреза Белая Гора (Западная Сибирь, р. Вах) и их экологическая характеристика // *Евразийский энтомологический журнал*. 2016. Т.15, № 5 С. 483–498.
2. *Зыкина В.С.* Реконструкция природной среды позднего плейстоцена Сибири по палеопочвам // *Геодинамика и эволюция земли*. – Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН. – 1996. – С. 222–224.
3. *Коркин С.Е.* Особенности четвертичных отложений заповедно-природного парка «Сибирские Увалы» // *Вестник Томского государственного университета. Серия «Наука о Земле» / Приложение № 3 (I) Апрель 2003 г. «Проблемы геологии и географии Сибири 2–4 апреля 2003 г.* – Томск: Издание Томского государственного университета, 2003. – С. 90–91.
4. *Кропоткин П.А., Поляков И.С.* Отчет об Олекминско-Витимской экспедиции для отыскания скотопроегонного пути из Нерчинского округа в Олекминский, снаряженный в 1866 г. Олекминскими золотопромышленниками при содействии Сибирского отдела Географического общества // *Записки Рус. геогр. о-ва по общ. геогр.* СПб. – 1873. – Т. 3.
5. *Никитин С.Н.* Пределы распространения ледниковых следов в Центральной России и на Урале // *Изв. Геол. ком.* – 1885. – Т. 4. – № . 4.
6. *Обручев В.А.* Признаки ледникового периода в Северной и Центральной Азии // *Бюл. Ком. по изуч. четвертич. Периода*. – 1931. – № . 3. – С. 43–120.

7. Плотникова Т.А., Орлова Н.Е. Использование модифицированной схемы Пономаревой-Плотниковой для определения состава, природы и свойств гумуса почв // Почвоведение. 1984. № 8. С. 120–130.
8. Черский И.Д. К вопросу о следах древних ледников в Восточной Сибири // Известия Восточно-Сибирского отдела РГО. – 1882. – Т. 12. – № 4–5. – С. 28–62.
9. Astakhov V.I. The Middle and Late Neopleistocene of the Glacial zone of Western Siberia: problems of stratigraphy and paleogeography // Bull. of Commission for study of the Quaternary. – 2009. – Т. 69. – С. 8–24.
10. Saks V.N. Quaternary period in the Soviet Arctic. – Naval Oceanographic Office Washington DC, 1967. – № NOO-Trans-338.
11. Sheinkman V., Sedov S., Shumilovskikh L., Korkina E., Korkin S., Zinovyev E., Golyeva A. First results from the Late Pleistocene paleosols in northern Western Siberia: Implications for pedogenesis and landscape evolution at the end of MIS3. Quaternary International, 418, 2016. 132–146.
12. Zemtsov A.A. Geomorfologia Zapadno-Sibirskoi Ravniny (Geomorphology of the West Siberian Plain) // Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo universiteta. – 1976.

Работа рекомендована д.г.н., проф. А.В. Русаковым.

УДК 631.92

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ И СРЕДНЕВЕКОВЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПАХОТНЫХ ПОЧВ И КУЛЬТУРНЫХ СЛОЕВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.А. Козина

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева

В работе представлены результаты живой и активной микробной биомассы современных и погребённых средневековых горизонтах аллювиальных пахотных почв, и культурных слоях археологических памятников Московской области. Оценено состояние почвенных микробных сообществ с использованием метаболического коэффициента. На основании особенностей их распределения сделаны выводы о состоянии древних культурных слоев и земледельческом использовании территории.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире по сегодняшний день вопрос об изменениях свойств почвы в результате древнего антропогенного воздействия, а также способность почвы сохранять информацию об этих воздействиях до наших дней, вызывает все больше интереса у исследователей. В этой связи особо актуальным представляется изучение почв со следами антропогенной деятельности, которые были перекрыты естественными или антропогенными наносами. Одним из примеров таких почв являются синлитогенные аллювиальные почвы центральной полосы России, в развитии которых этапы активизации аллювиальных процессов чередовались с этапами почвообразования и освоения человеком. В результате в этих почвах формируется сложный полигенетичный профиль, отражающий особенности динамики климатических условий и антропогенной деятельности.

Микроорганизмы являются динамичной и специфической частью почв. Они преодолевают стрессовые условия окружающей среды [7]. В условиях изоляции, когда прекращается приток вещества и энергии извне, почвенные микроорганизмы сохраняются на протяжении временных отрезков, соотносимых с геологическими эпохами. Таким образом, почва не столько является средой обитания, сколько средой сохранения микробов, и они сохраняются в почве неопределенно долго посредством перехода в покоящееся состояние [5, 12].

Поэтому целью данной работы было изучение живой и активной микробной биомассы разновозрастных горизонтов аллювиальных пахотных почв и культурных слоев археологических памятников Московской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования послужила почва Московской области, расположенная в 1000–1500 м от Звенигородской Биостанции (ЗБС) МГУ им. М.В. Ломоносова. Лесной массив ЗБС представляет собой единый хорошо сохранившийся в естественном состоянии природный комплекс в пределах южной тайги, расположенный на правом берегу р. Москвы в 11 км выше по течению г. Звенигорода. Почва диагностируется как: Агрогумусовая аллювиальная типичная среднегумусовая супесчаная почва на суглинистом аллювии.

Исследовались образцы почвы легкого гранулометрического состава, отобранные из разреза (рис. 1) с шагом 5, 10 и 20 см и генетическим горизонтам с соблюдением условий стерильности. Почвенный профиль включал в себя: современный горизонт (0–48 см), аллювиальный горизонт (48–70 см, 70–93 см), средневековый горизонт (XVI век) (70–93 см), горизонт эпохи бронзы (3000 лет до н.э.) (120–130 см), горизонт эпохи энеолита (4000 лет до н.э.) (130–150 см).

Одним из методов изучения археологических памятников является *оценка микробной биомассы по содержанию почвенных фосфолипидов*. В основу определения микробных фосфолипидов в почвах взяты методики, описанные Финдлеем и Фростегардом [2]. Почвенный образец навеской 2 г помещали в конические колбы и суспендировались в 18.3 мл однофазной смеси, состоящей из хлороформа, метанола и фосфатного буферного раствора (50 мМ, pH 7.4) в соотношении 1:2:0.8 (объемные доли). Липидный материал экстрагировался в течение 2 ч, встряхивая при комнатной температуре. После содержимое колбы переносили в стеклянные центрифужные пробирки, закрывая их фольгой на скотче. Почвенный осадок осаждался центрифугированием при 2000 об/мин в течение 15 мин. Супернатанты отбирались в длительные воронки, к почвенному осадку прибавляли 5 мл однофазной смеси, перемешивали и центрифугировали снова. Супернатанты от обоих центрифугирований объединяли, к ним добавляли по 6.2 мл хлороформа и фосфатного буферного раствора и оставляли на 2 часа для расслоения органической и водной фаз. Верхний водный слой, содержащий буферный раствор, удаляли, а нижний органический слой, содержащий липиды, в том числе и фосфолипиды, анализировали. Измерялся объем слоя, из которого отбирали аликвоты 500 мкл и 1000 мкл каждая в двух повторностях для количественного анализа фосфолипидов и в 3 независимых повторностях. Аликвоты органической фазы упаривали под азотом, прибавляли 900 мкл насыщенного раствора персульфата аммония и ставили на окисление при температуре 95 °С в течение 4 сут. Затем к ним прибавляли 200 мкл 2.5 % раствора кислого молибдата аммония, перемешивали, оставляли на 10 мин, затем добавляли по 900 мкл красителя малахитового зеленого. Спустя 30 мин спектрофотометрировали при длине волны 610 нм. В качестве калибровочного раствора использовали 0.1 мМ глицерофосфат натрия. Содержанию почвенных фосфолипидов рассчитывали в ммоль/г почвы. Содержание почвенных фосфолипидов пересчитывали в единицы микробного углерода (С-ФЛ) [8, 9]. Для этого использовался коэффициент, предложенный Финдлеем – 190 ммоль ФЛ-1 г С [14].

В качестве из одного наиболее общих показателей биологической активности почв часто называют *дыхание почв* – выделение углекислого газа и поглощение кислорода почвой [5, 6, 10, 11]. Классический физиологический метод субстрат индуцированного дыхания (СИД).

Скорость базального дыхания почвы ($V_{\text{базал}}$). Навеску почвы 2 г помещали в стеклянный флакон вместимостью 15 мл и инкубировали 1.5 ч при 22 °С; затем флаконы проветривали. После этого почвенные пробы увлажняли до 60–65 % ППВ, флаконы герметично закрывали и инкубировали 6–8 часов при температуре 22 °С. Концентрацию выде-

лившегося из почвы CO_2 определяли на газовом хроматографе Chrom-5. Скорость базального дыхания рассчитывали в $\text{мкг С-СО}_2/\text{г почвы/ч}$.

Скорость субстрат-индуцированного дыхания ($V_{\text{сид}}$) определяли аналогично $V_{\text{базал.}}$, только почвенные пробы увлажняли раствором глюкозы из расчета 10 мг глюкозы/г почвы и инкубировали флаконы 3–4 ч [1].

Углерод микробной биомассы рассчитывали по скорости субстрат-индуцированного дыхания с использованием коэффициента пересчета 40.04 [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты оценки живой микробной биомассы по содержанию фосфолипидов

Содержание фосфолипидов в исследованной почве варьировало от 24.1 до 90.1 нмоль/г. (рис. 1).

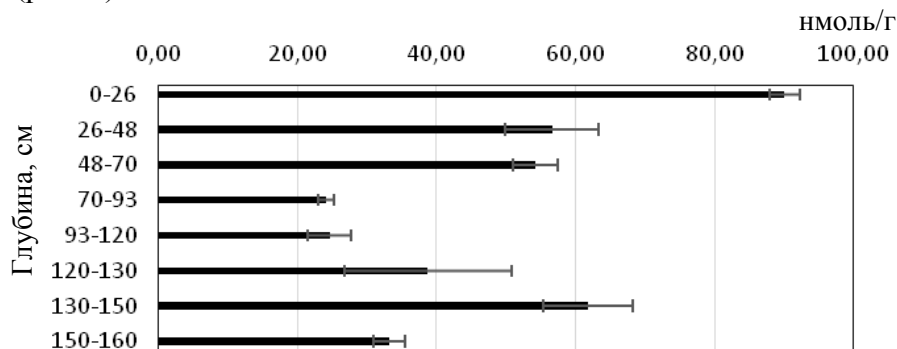


Рисунок 1. Содержание фосфолипидов в почве ЗБС-5, нмоль/г.

Наиболее высокое их содержание было отмечено в верхнем горизонте, где оно составляло 90.10 нмоль/г. Вниз по профилю оно понижалось до 24.10 нмоль/г, что составляло 27 % от верхнего современного горизонта почвы. В горизонте 120–130 см содержание фосфолипидов возрастало до 38.79 нмоль/г и далее продолжало увеличиваться в горизонте 130–150 см, достигая 61.79 нмоль/г (68 % от содержания в верхнем современном горизонте). Данные горизонты почвы – палеогоризонты – датируются эпохой раннего бронзового века (3000 лет до н.э., 120–130 см) и эпохой энеолита (4–3 тыс. лет до н.э., 130–150 см). Затем в горизонте 150–160 см снова снизилось содержание фосфолипидов до 33.23 нмоль/г.

Содержание почвенных фосфолипидов пересчитывали в единицы микробного углерода (С-ФЛ) [8, 9]. Закономерности профильного изменения содержания фосфолипидов и микробного углерода идентичны. В верхних горизонтах содержание С-ФЛ варьировало в пределах 285.54–474.19 мкг/г . В палеогоризонте эпохи бронзы оно составляло 204.14 мкг/г , а эпохи энеолита – 325.21 мкг/г .

Таким образом, были выявлены два максимума живой микробной биомассы: первый был приурочен к верхним залежным горизонтам, а второй максимум соответствовал эпохе энеолита и переходил в ранний бронзовый век.

Результаты определения активной биомассы микробного сообщества почв

Распределение скорости субстрат-индуцированного дыхания по профилю снижается до глубины 60 см (рис. 2). В слое 60–70 см небольшое ее увеличение, где она составляет 0.42 С-СО_2 мкг/1 г час (9 % от скорости верхнего слоя). Следующий небольшой пик СИД отмечается в слое 90–100 см – 0.23 С-СО_2 , мкг/1 г час (5 %). Этот слой соответствует верхней части пахотного горизонта эпохи средневековья. Значительные увеличения скорости СИД проявляются в слоях: 120–125 см – 0.26 С-СО_2 , мкг/1 г час (верхняя часть пахотного горизонта эпохи бронзы, 6 % от современного верхнего горизонта), 130–135 см – 0.42 С-СО_2 , мкг/1 г час (верхняя часть пахотного горизонта эпохи энеолита, 9 % от современного верхнего горизонта).

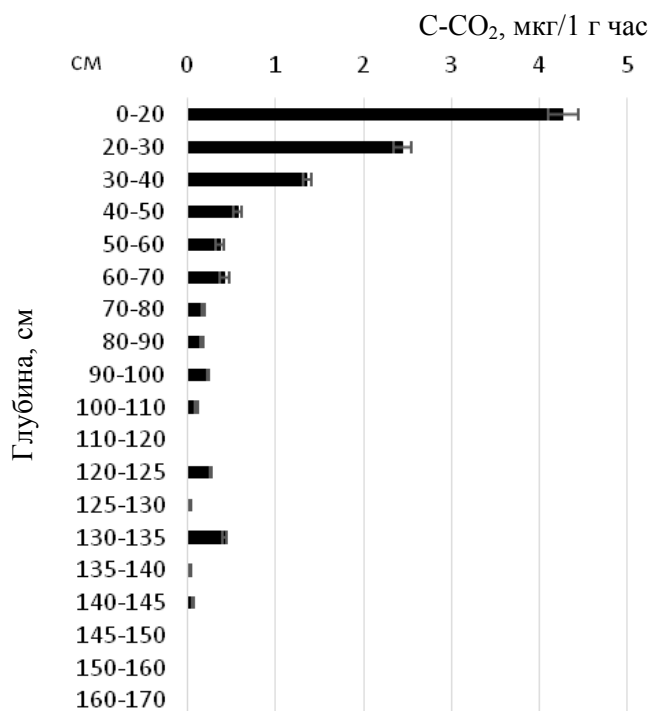


Рисунок 2. Послойный анализ скорости субстрат-индуцированного дыхания.

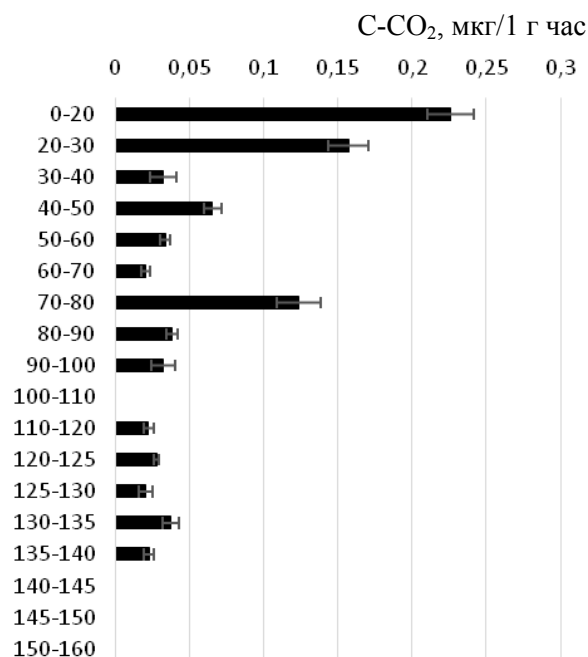


Рисунок 3. Послойный анализ базального дыхания.

Базальное дыхание необходимо для сравнения с субстрат-индуцированным дыханием. В случае если при иницировании микробного сообщества глюкозой не будет происходить возрастания скорости субстрат-индуцированного дыхания относительно базального, то это может говорить о том, что микробное сообщество полностью обеспечено легкодоступными источниками углерода, либо о других его потребностях [3].

Максимальная скорость базального дыхания отмечается в верхнем слое (0–20 см) – 0,23 C-CO₂, мкг/1 г час, минимальная скорость в слое 60–70 см – 0,02 C-CO₂, мкг/1 г час (рис. 3). В слоях 100–110 см, 140–160 см скорость базального дыхания снижалась до нуля. Было выявлено 4 локальных пика. Первый пик наблюдался в слое 40–50 см, где скорость базального дыхания составляла 0,07 C-CO₂, мкг/1 г час (29 % от скорости в верхнем слое), второй пик в слое 70–80 см – 0,12 C-CO₂, мкг/1 г час (54 %). В слое 120–125 см – 0,03 C-CO₂, мкг/1 г час (12 %). Четвертый пик отмечался в слое 130–135 см – 0,04 C-CO₂, мкг/1 г час (16 %).

Скорость субстрат-индуцированного дыхания пересчитывали в углерод микробной биомассы (Смб) – активная часть живой микробной биомассы, выраженные в мкг С/г почвы, по Anderson, Domsch (1978) [13]. Величины активной микробной биомассы в соотношении с величинами живой микробной биомассы представлены на рис. 4.

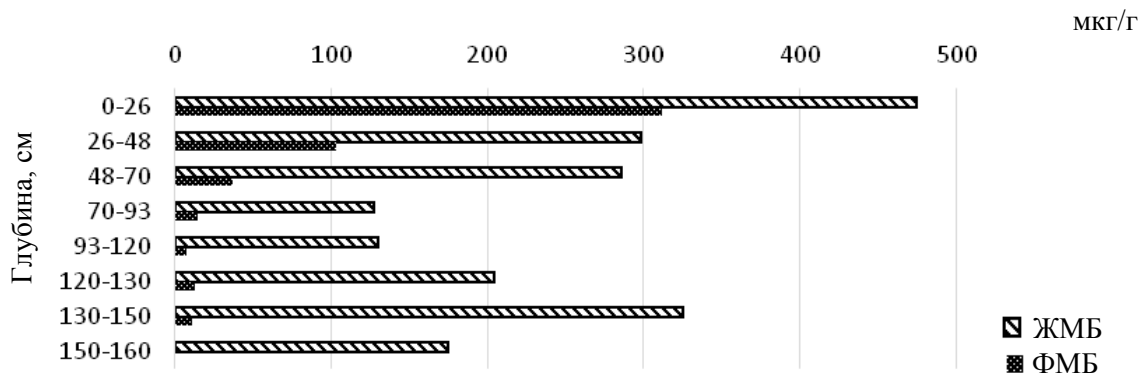


Рисунок 4. Соотношение живой и активной микробной биомассы.

В верхнем горизонте доля активной микробной биомассы составляет 65 % от всей живой микробной биомассы. Далее процентное содержание активной части клеток уменьшается вниз по профилю, достигая 3 %, а в нижнем слое их присутствие вообще не наблюдается.

Таким образом, несмотря на высокие величины живой микробной биомассы в палеогоризонтах (эпоха бронзы и энеолит), активная часть клеток находится практически полностью в глубоко покоем состоянии.

Коэффициент дыхательной активности Q_R , рассчитанный по отношению скоростей базального ($V_{\text{базал}}$) и субстрат-индуцированного дыхания ($V_{\text{сид}}$), дает представление об устойчивости микробных сообществ. Наиболее устойчивые сообщества наблюдались в слоях 100–120 см и 140–160 см с коэффициентом 0. Наименее устойчивое сообщество в слое 135–140 см – 0.75. По средневзвешенным значениям в палеогоризонте XVI века 70–93 см отмечался наименее устойчивое сообщество, коэффициент равен 0.41.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В послойном анализе были отмечены наименее устойчивые сообщества в слоях 70–80 см и 135–140 см. В усредненных горизонтах наиболее подверженное воздействию неблагоприятных условий микробное сообщество соответствовало средневековому палеогоризонту 70–93 см.

В пахотном горизонте эпохи энеолита сохранность живой микробной биомассы была максимальной и составляла 68 % от современного залежного горизонта, тогда как в пахотном горизонте эпохи ранней бронзы она была на 25 % меньше. Минимальная величина живой микробной биомассы среди палеогоризонтов соответствовала эпохе средневековья (МЛП) и составляла 26 % от современного залежного горизонта.

Средневзвешенная активная микробная биомасса в пахотных палеогоризонтах эпох энеолита, бронзы и средневековья была в 1.5–2.0 раза выше, чем в аллювиальном горизонте, не подвергавшемся проработке современным почвообразованием.

Послойный анализ активной микробной биомассы показал, что верхние слои палеогоризонтов эпох энеолита и бронзы характеризовались в 7–14 раз более высокими величинами данного показателя относительно нижних слоев. В верхнем слое аллювиального горизонта активность микробного сообщества достаточно высока, что может указывать на длительное функционирование данного сообщества при оптимальных условиях. Последующие пахотные слои характеризуются практически в 1.5 раза меньшей величиной активной микробной биомассы.

Доля активных микробных клеток в средневековом горизонте была в 3.5 и 2 раза выше, чем в палеогоризонтах эпох энеолита и ранней бронзы соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амальрик А.С. В поисках исчезнувших цивилизаций / А.С. Амальрик, А.Л. Монгайт. – М.: Мысль, 1966. – 172 с.
2. Демкин В.А., Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э. Оценка живой и суммарной биомассы микробных сообществ современной каштановой почвы и подкурганных палеопочв // Почвоведение, 2011, № 12, С. 1496–1503.
3. Демкина Т.С. Микробные сообщества палеопочв археологических памятников пустынно-степной зоны / Т.С. Демкина, А.В. Борисов, В.А. Демкин // Почвоведение. – 2000. – № 9. С. 1117–1126.
4. Добровольская Т.Г. Бактериальное разнообразие целинных и пахотных почв Владимирской области / Т.Г. Добровольская, И.Ю. Чернов, С.М. Лукин // Почвоведение. – 2001. – № 9. – С. 1092–1096.
5. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.

6. *Карпачевский Л.О., Кисилева Н.К.* О методике определения и некоторых особенностях выделения CO₂ из почв под широколиственно-еловыми лесами // Почвоведение. 1969. № 7. С. 32–42.
7. *Каширская Н.Н.* Микробная биомасса подкурганых и современных почв степной зоны Нижнего Поволжья / Н.Н. Каширская, Т.Э. Хомутова, Т.С. Демкина, В.А. Демкин // Почвоведение. – 2009. – № 5. – С. 581–587.
8. *Кулик А.Ф.* Микроорганизмы почв как структурный компонент лесных экосистем степной зоны Украины / А.Ф. Кулик // Вестник Днепропетровского университета. Биология. Экология. – 2001. – Т. 1, вып. 9. – С. 121–126.
9. *Лысак Л.В., Сидоренко Н.Н., Марфенина О.Е., Звягинцев Д.Г.* Микробные комплексы городских почв // Почвоведение. – 2000. – № 1. – С. 80–85.
10. *Мина В.Н.* Биологическая активность лесных почв // Почвоведение. 1957. № 10.
11. *Орлов Д.С.* О возможности использования некоторых биохимических показателей для диагностики и индикации почв. Проблемы и методы биологической диагностики почв. М.: Наука, 1976. С. 4–15.
12. *Эль-Регистан Г.И.* Функции химических шаперонов в развитии анабиоза и устойчивости микроорганизмов / Г.И. Эль-Регистан и др. // Ферменты микроорганизмов: Сб. докл. XII юбилейной конф. М., 2001. – С. 50–53.
13. *Anderson J.P.E.* A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils / J.P.E. Anderson, K.H. Domsch // Soil Biol Biochem. – 1978. – V. 10, № 3. – P. 215–221.
14. *Findlay R.* The use of phospholipid fatty acids to determine microbial community structure// Molecular Microbial Ecology Manual. 1996. 4.1.4. P. 1–1.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доцентом Е.Б. Талером и к.б.н. А.В. Борисовым.

УДК 631.4

РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.А. Козырев, Е.В. Дергачева, М.Н. Дубинина, С.С. Тагивердиев

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Исследована активность естественных и искусственных радионуклидов в почвах особо охраняемых природных территорий Ростовской области, изучена зависимость профильного распределения активности от физико-химических свойств почвы: гранулометрического состава, содержания гумуса и карбонатов.

ВВЕДЕНИЕ

Определение радионуклидов в почве стало особенно актуальным после Чернобыльской катастрофы. То, как ведут себя радионуклиды в почве, зависит, прежде всего, от свойств самих почв, а также от особенностей радионуклидов. Искусственные радионуклиды опасны тем, что могут накапливаться в урожае, что в свою очередь влияет на здоровье животных и человека, употребляющих в пищу продукты сельского хозяйства.

Территории особо охраняемых зон – это своего рода уникальные комплексы, которые позволяют сохранить естественное разнообразие биосферы. Целью создания таких мест является сохранение исходного состояния растительного и животного мира, а также возможность использовать данные, полученные на этих территориях, в качестве фоновых.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в пределах следующих особо охраняемых природных территорий (ООПТ): «Разнотравно-типчаково-ковыльная степь» (разрез 1601 и 1602) в Чертовском районе, «Фоминская дача» (разрезы 1603 и 1604) в Миллеровском районе, «Кундрюченские пески» (разрез 1605) и «Раздорские склоны» (разрез 1606) в Усть-Донецком районе. Почвы: чернозем южный среднетяжелый малогумусный легкосуглинистый на красно-бурой структурной глине, подстилаемой элювием песчаника (1601), чернозем южный неполноразвитый малогумусный легкосуглинистый на элювии песчаника (1602), черноземы обыкновенные мощные среднетяжелые легкосуглинистые на желто-бурых суглинках (1603 и 1604), примитивная супесчаная слабогумусированная почва (1605), чернозем обыкновенный карбонатный маломощный малогумусный тяжелосуглинистый на желто-бурой глине (1606).

Определение содержания органического вещества проводили по методу Тюрина с колориметрическим окончанием по Орлову-Гриндель. Гранулометрический состав определяли пипеточным методом Качинского в модификации Долгова-Личмановой. Содержание CO_2 карбонатов – по Шейблеру. Радионуклидный состав почв определяли гамма-спектрометрическим методом с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра «Прогресс-гамма».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

^{137}Cs – искусственный радионуклид, щелочной металл, большинство соединений которого растворимы, поэтому возможно поступление его в почвы с осадками на поверхность почвы и промывание с дождевыми водами в верхние слои почвы. Он также задерживается корневой системой, поэтому отмечается накопление ^{137}Cs в поверхностных горизонтах и резкое уменьшение с глубиной. Происходит своего рода «круговорот» ^{137}Cs за счет поступления его в почву с осадками, поглощения в активном слое почвы, потребления растениями и повторного попадания в почвенную толщу при отмирании вегетативной массы осенью.

Среднее содержание ^{137}Cs в дерновом горизонте исследуемых нами почв, где происходит накопление этого радионуклида, равно 56.9 Бк/кг (табл. 1). В то же время по данным радиологического мониторинга, радиационная обстановка на сельскохозяйственных угодьях России характеризуется содержанием ^{137}Cs от 13.8 до 2.0 Бк/кг [1]. По данным Е.А. Бураевой [2] удельная активность ^{137}Cs в верхнем 0–15 см слое почвы степных территорий Предкавказья и Ростовской области составляет в среднем 20.5 Бк/кг, при размахе колебаний 4.2–70.6 Бк/кг. Нами максимальное содержание ^{137}Cs обнаружено в поверхностном горизонте (0–6 см) чернозема южного разреза 1604–129.4 Бк/кг. Уже на глубине 10–30 см удельная активность ^{137}Cs резко падает – до 0.29 Бк/кг, что может быть связано как с неравномерностью выпадения данного радионуклида после аварии на Чернобыльской АЭС, так и гидрологией местности, в частности, наличием западин, меняющим водный режим почвы. Разрез был заложен на большой поляне в лесном массиве ООПТ «Фоминская дача» под густой травянистой растительностью, обеспечившей высокое накопление гумуса.

Что касается остальных радионуклидов, во всех разрезах на территории ООПТ они содержатся на уровне фоновых концентраций, различаясь лишь на величину погрешности, и по профилю распределены без значительных вариаций удельной активности. Средние содержания ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в этих почвах в дерновом горизонте и в материнской породе приведены в табл. В почвах с более тяжелым гранулометрическим составом активность радионуклидов выше. В разрезе 1603 содержание физической глины превышает значения, полученные в разрезе 1601. В горизонте Ad разреза 1603 содержание физической глины находится на уровне 65 %, в то время как в разрезе 1601 ее содержание на уровне 37 %. Соответственно и активность радионуклидов в разрезе 1601 ниже (рис. 1, 2).

Таблица. Удельная активность радионуклидов в почвах ООПТ.

Радионуклид	Горизонт	Удельная активность $\pm$ погрешность, Бк/кг		
		Минимум	Максимум	Среднее
^{226}Ra	Ad	4.1 ± 0.4	22.8 ± 2.3	17.0 ± 1.7
	C	12.9 ± 1.3	27.6 ± 2.8	19.0 ± 1.9
^{232}Th	Ad	2.6 ± 0.3	30.4 ± 3.0	23.3 ± 2.3
	C	13.0 ± 1.3	34.9 ± 3.5	24.8 ± 2.5
^{40}K	Ad	42.0 ± 4.2	482.0 ± 48.2	286.2 ± 28.6
	C	52.4 ± 5.2	359.0 ± 35.9	187.8 ± 18.8
^{137}Cs	Ad	21.8 ± 2.2	129.4 ± 12.9	56.9 ± 5.7
	C	0.2 ± 0.01	1.0 ± 0.1	0.6 ± 0.1

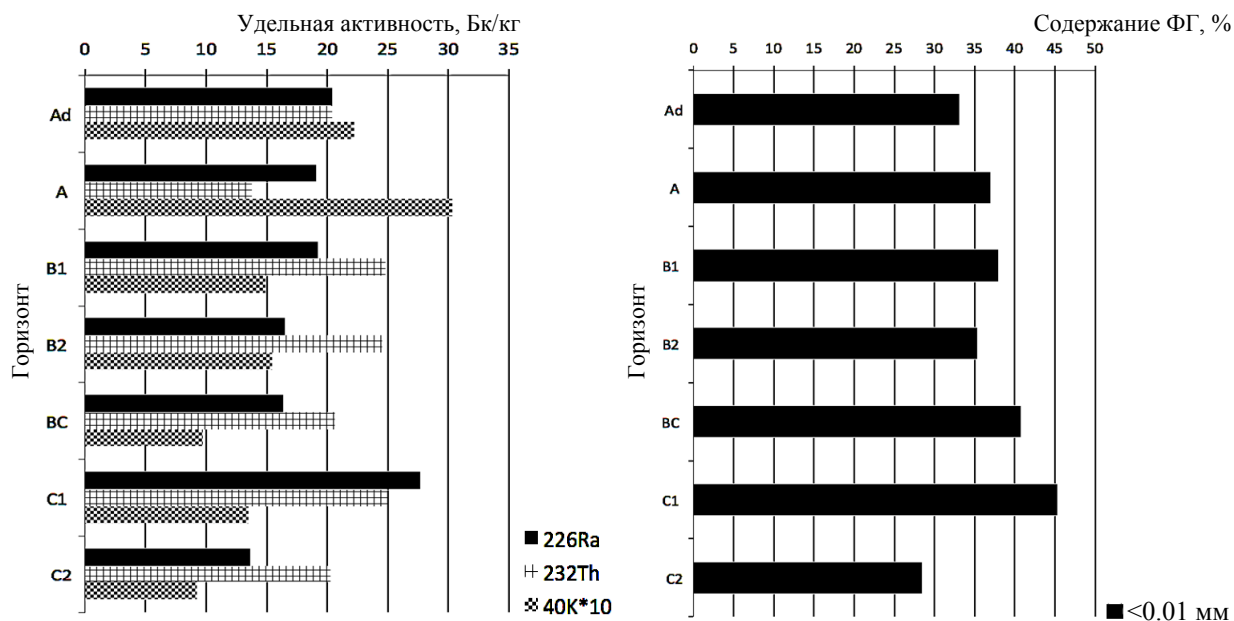


Рисунок 1. Зависимость активности естественных радионуклидов от гранулометрического состава (ГМС) в разрезе 1601 для разных почвенных горизонтов: удельная активность радионуклидов, Бк/кг (слева); содержание физической глины (ФГ), % (справа).

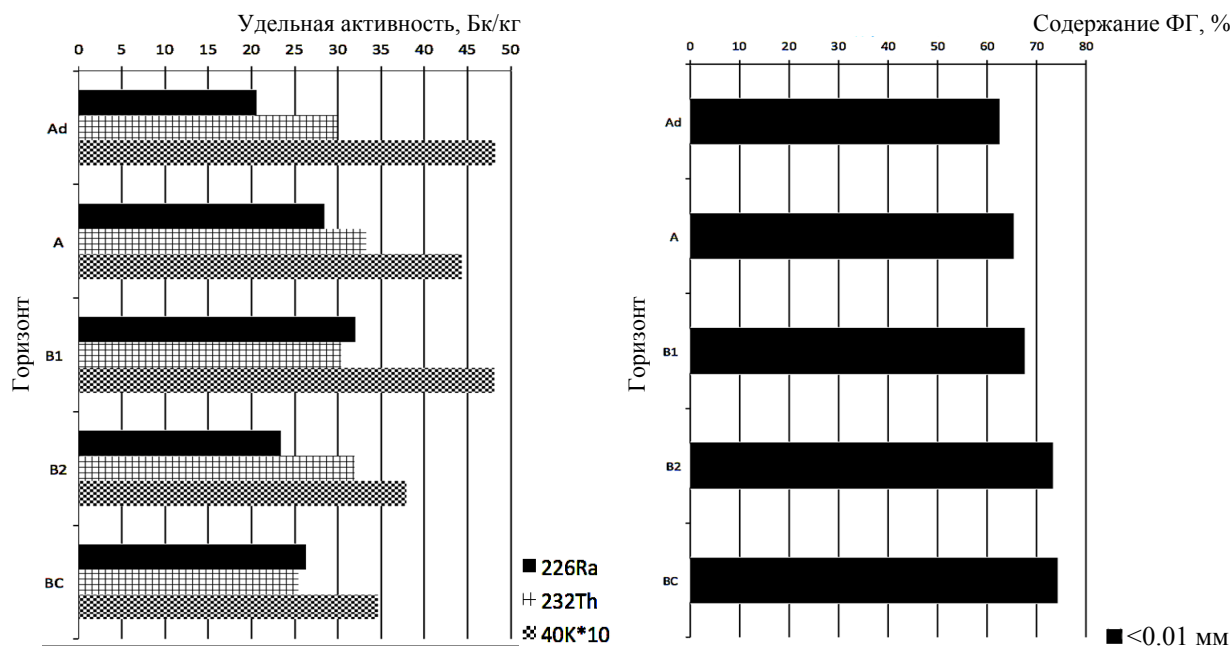


Рисунок 2. Зависимость активности естественных радионуклидов от ГМС в разрезе 1603 для разных почвенных горизонтов: удельная активность радионуклидов, Бк/кг (слева); содержание физической глины (ФГ), % (справа).

В разрезе 1604 в горизонте Ad содержание физического песка преобладает над содержанием физической глины, что обеспечивает свободное перемещение радионуклидов в нижележащие горизонты, где их активность выше, что показано на рис. 3.

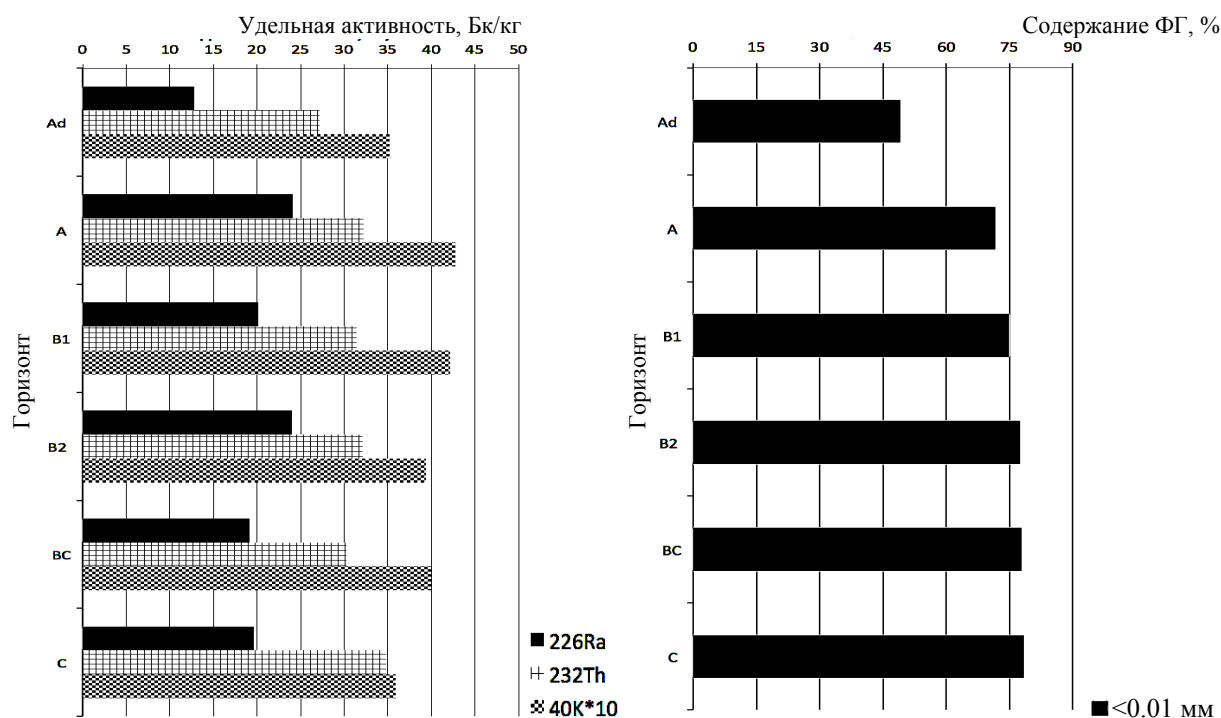


Рисунок 3. Зависимость активности естественных радионуклидов от ГМС в разрезе 1604 для разных почвенных горизонтов: удельная активность радионуклидов, Бк/кг (слева); содержание физической глины (ФГ), % (справа).

В разрезе 1605 (примитивная супесчаная слабогумусированная почва) этот процесс выражен ярче, так как при наименьшем содержании ФГ, меньше и содержание гумуса, что в совокупности дает низкую активность радионуклидов в этом разрезе (рис. 4).

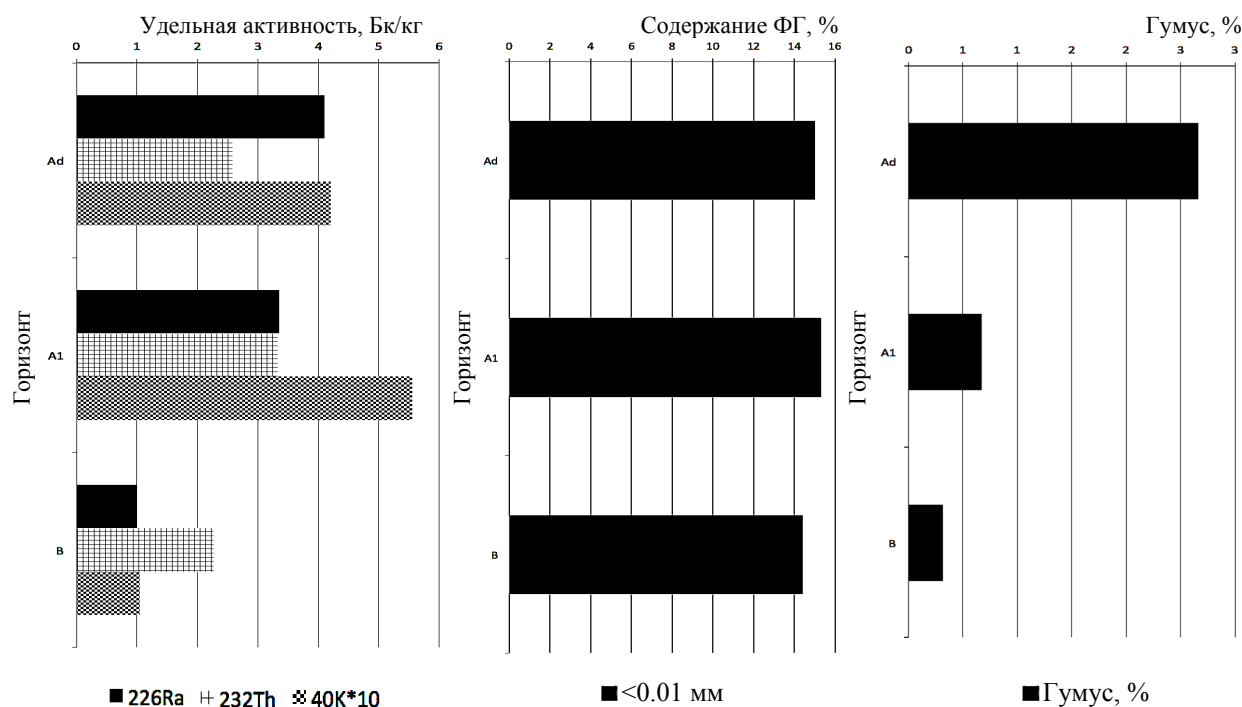


Рисунок 4. Зависимость активности естественных радионуклидов от ГМС и гумуса в разрезе 1605 для разных почвенных горизонтов: удельная активность радионуклидов, Бк/кг (слева); содержание физической глины (ФГ), % (по центру); содержание гумуса, % (справа).

О зависимости активности радионуклидов от содержания гумуса. Как мы уже видели, содержание физической глины в разрезе 1603 больше, чем в 1601. В разрезе 1603 содержание гумуса также выше, хоть и незначительно. Возможно, это также влияет на повышенную активность радионуклидов. В разрезе 1603 в нижних горизонтах, где содержание гумуса уменьшается, активность радионуклидов остается примерно на том же уровне. Тут уже начинает проявляться другой фактор, влияющий на сорбцию радионуклидов, а именно содержание карбонатов (рис. 5).

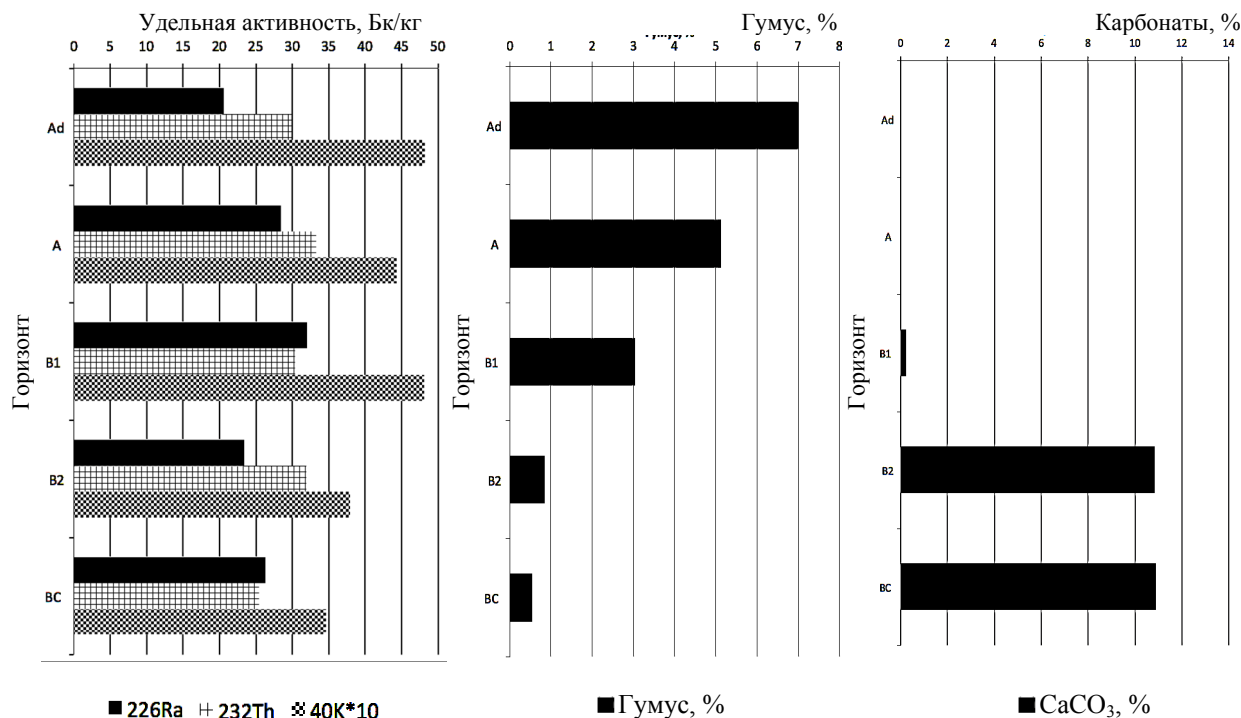


Рисунок 5. Зависимость активности естественных радионуклидов от содержания гумуса и карбонатов в разрезе 1603 для разных почвенных горизонтов: удельная активность радионуклидов, Бк/кг (слева); содержание гумуса, % (по центру); содержание карбонатов, % (справа).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

Удельная активность ^{137}Cs максимальна в верхних горизонтах и сопоставима со значениями, полученными при подобных исследованиях другими авторами, активность его снижается до нуля уже на глубине 30 см.

На распределение удельной активности естественных радионуклидов по профилю в почвах ООПТ оказывают совокупное влияние физико-химические свойства почв. Вычленив воздействие каждого фактора отдельно довольно сложно, хотя, несомненно, оно есть.

Активность радионуклидов выше в почвах с более высоким содержанием физической глины, гумуса и карбонатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев Т.И., Крупская Л.Т., Дербенцева А.М. Оценка радиационного состояния почв и растительности в зоне влияния теплоэлектростанции. Учебное пособие. Хабаровск, 2006. 113 с.
2. Buraeva E.A., Bezuglova O.S., Stasov V.V., Nefedov V.S., Dergacheva E.V., Goncharenko A.A., Martynenko S.V., Goncharova L.Yu., Gorbov S.N., Malyshevsky V.S., Varduny T.V. Features of ^{137}Cs distribution and dynamics in the main soils of the steppe zone in the southern European Russia. // Geoderma. Vol. 259–260. 2015. Pp. 259–270.

Работа рекомендована д.б.н., проф. О.С. Безугловой.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ НА ГРУППОВОЙ СОСТАВ
ГУМУСА МИГРАЦИОННО-МИЦЕЛЯРНЫХ ЧЕРНОЗЁМОВ

П.Г. Кравцов

Санкт-Петербургский государственный университет

Сравнивалось отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ определённое в растворах гумусовых кислот перед осаждением гуминовых кислот с исходной концентрацией и с выравненной концентрацией (0.5 мг С/мл). Без выравнивания концентрации растворов гумусовых кислот гумус миграционно-мицелярных чернозёмов целинного участка и лесополосы характеризовался как гуматный и фульватно-гуматный, тогда как гумус почв залежного участка и пашни – гуматно-фульватный и фульватный. При выравнивании концентрации растворов тип гумуса во всех почвах оценивался как фульватный, а в почве пашни – даже как очень фульватный.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенное органическое вещество (ПОВ) – сложный комплекс индивидуальных (неспецифических) соединений и гуминовых веществ (ГВ), а также продуктов взаимодействия между собой и с минеральной частью почвы [18]. Специфичность почвы непосредственно связана с ГВ. Гуминовые вещества, являясь стабильными и устойчивыми к вымыванию продуктами наиболее полного цикла биологической трансформации растительных остатков, способны к накоплению [13]. Аккумуляция ГВ обуславливает присущие только почве физико-химические свойства [3]. При этом гумусовый профиль почв «живёт» в тесной связи с физиологическим ритмом жизни растений [14].

В практике российских почвоведов оценка качественного состава ПОВ базируется на определении, так называемых гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК) [1, 7, 8, 12, 14], а отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот ($C_{ГК}:C_{ФК}$) считается наиболее информативным показателем при всей его условности. По мнению А.И. Попова и А.В. Русакова [17], такая система оценки качественного состава гумуса – не достаточно удовлетворительна, поскольку она слабо характеризует плодородие почв и не учитывает поведение ПОВ.

В связи с чем, целью публикации было: сравнить групповые составы гумуса миграционно-мицелярных чернозёмов разных угодий, определённых в растворах с исходной концентрацией и в растворах с выравненными концентрациями гумусовых кислот перед осаждением гуминовых кислот (ГК).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны чернозёмы миграционно-мицелярных разных угодий ОПХ ВНИИСС Воронежской области: полезащитная лесополоса, целинный участок, залежь и пашня.

Полезащитная лесополоса была заложена на пашне в 40–50-х годах 20-ого столетия (возраст около 70 лет). Растительность представлена в основном дубом с примесью клёна (примерно 30–40 %). Травянистый покров выражен слабо.

Целинный участок был расположен в непосредственной близости от лесополосы и пашни. Травянистая растительность этого участка была представлена разнотравно-бобовой ассоциацией.

Залежь (возраст около 30 лет) – участок со злаково-разнотравной ассоциацией травянистых растений, зарастающий ивой, клёном, ясенем.

Пашня располагалась с восточной стороны лесополосы. Использовалась в 10-польном зерно-паровом севообороте. В течение последних 15-ти лет в почву вносились только азотные удобрения – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – в количестве 60–70 кг/га действующего вещества.

Содержание углерода по И.В. Тюрину в почвенных образцах определялось методом В.П. Цыплёнова [22]. Гумусовые кислоты – смесь ГК и фульвокислот (ФК) – выделялись пирофосфатным способом по М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой [8]. Содержание углерода органических соединений в растворах гумусовых кислот (ГК + ФК) и ГК определялось методом В.П. Цыплёнова и А.И. Попова [23] – без упаривания растворов с колориметрическим окончанием. Концентрации растворов гумусовых кислот перед осаждением ГК выравнивались до содержания углерода органических соединений ~ 0.5 мг/мл. Характеристика гумусового состояния исследованных почв осуществлялась в соответствии с рекомендациями Д.С. Орлова с соавторами [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты сравнения групповых составов гумуса миграционно-мицелярных чернозёмов, определённых в растворах с исходной концентрацией и в растворах с выравненными концентрациями гумусовых кислот приведено в табл.

Таблица. Содержание углерода органических соединений, углерода гуминовых кислот, углерода фульвокислот и отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ в объектах исследования.

Объект	Горизонт и глубина взятия образца, см	C _{орг.} , %	Без выравнивания концентраций растворов гумусовых кислот			С выравниванием концентраций растворов гумусовых кислот		
			C _{ГК}	C _{ФК}	C _{ГК} /C _{ФК}	C _{ГК}	C _{ФК}	C _{ГК} /C _{ФК}
			% от воздушно-сухой навески			% от воздушно-сухой навески		
Лесополоса	AU1 (0–10)	7.04	1.54	0.73	2.11	0.77	1.51	0.51
	AU2 (10–20)	3.74	0.80	0.84	0.95	0.55	1.08	0.51
	AU3 (20–30)	3.95	0.96	0.83	1.16	0.58	1.21	0.48
	AU4 (30–40)	3.22	0.87	0.84	1.04	0.57	1.13	0.50
	AU5 (40–50)	3.13	0.61	0.82	0.74	0.47	0.96	0.49
Целинный участок	AU1 (0–10)	5.39	1.57	0.72	2.18	0.92	1.38	0.67
	AU2 (10–20)	4.14	1.22	0.80	1.53	0.81	1.21	0.67
	AU3 (20–30)	3.82	0.85	0.84	1.01	0.67	1.01	0.66
	AU4 (30–40)	3.52	0.80	0.84	0.95	0.65	0.98	0.66
	AU5 (40–50)	3.23	0.67	0.83	0.81	0.57	0.93	0.61
Залежь	PU1 (0–10)	4.20	0.76	0.84	0.90	0.56	1.04	0.54
	PU2 (10–20)	3.87	0.72	0.83	0.87	0.54	1.02	0.53
	PU3 (20–30)	3.59	0.67	0.83	0.81	0.52	0.98	0.53
	AU4 (30–40)	3.06	0.43	0.77	0.56	0.42	0.78	0.54
	AU5 (40–50)	2.32	0.32	0.72	0.44	0.35	0.69	0.51
Пашня	PU1 (0–10)	3.74	0.76	0.84	0.90	0.47	1.13	0.42
	PU2 (10–20)	3.61	0.51	0.80	0.64	0.38	0.92	0.41
	PU3 (20–30)	3.16	0.40	0.76	0.53	0.34	0.82	0.41
	AU4 (30–40)	2.66	0.40	0.76	0.53	0.34	0.82	0.41
	AU5 (40–50)	2.17	0.24	0.57	0.42	0.24	0.57	0.42

Как было установлено, в случае без выравнивания концентрации растворов гумусовых кислот перед осаждением ГК, вниз по профилю всех изученных почв с уменьшением содержания органического вещества в составе гумуса увеличивалась доля фульвокислот. При этом в случае агрогенной и постагрогенной почв доля фульвокислот была больше, чем в чернозёмах целинного участка и лесополосы. Гумус почв целинного участка и лесополосы в целом можно охарактеризовать как гуматный и фульватно-гуматный, тогда как гумус почв залежного участка и пашни – гуматно-фульватный и фульватный. Степень гумификации была средней в почвах лесополосы и целинного участка и слабой в почвах залежи и пашни.

В результате, при выравнивании концентрации раствора гумусовых кислот перед осаждением гуминовых кислот отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ в профиле всех почв не менялось с глубиной и тип гумуса во всех почвах, кроме почвы пашни, оценивался как фульватный, в почве же пашни – как очень фульватный. Так же, выравнивание концентрации гумусовых кислот привело к тому, что степень гумификации во всех почвах оценивалась, как слабая.

Как известно [2, 4–6, 9, 10, 19, 21], ГВ имеют коллоидную природу и это свойство не вызывает сомнения. Тем не менее, до сих пор нет единого мнения относительно того, являются ли ГВ макромолекулами (системой полимеров с высоким коэффициентом полидисперсности) или ассоциатами – стохастическими супрамолекулярными ансамблями, состоящими из относительно небольших молекул [15, 20, 24–30].

По мнению А.И. Попова [15], щелочной раствор гумусовых кислот представляет собой устойчивую свободнодисперсную систему с равномерным распределением дисперсной фазы по всему объему. Разделение же гумусовых кислот на ГК и ФК связано с проявлением разной агрегативной устойчивости этих соединений в зависимости от концентрации гумусовых кислот, величины водородного показателя (рН) и ионной силы раствора [16]. Агрегативную устойчивость (устойчивость к агрегации) дисперсной системы определяют по скорости коагуляции. Кроме того, агрегативная устойчивость обусловлена законами термодинамики. В такой дисперсной системе поверхностная энергия скомпенсирована энтропийной составляющей, благодаря чему система проявляет термодинамическую агрегативную устойчивость и в ней не происходит коагуляция. В связи с этим именно потеря агрегативной устойчивости частиц дисперсной фазы ГВ (в частности, молекул гуминовых кислот) приводит к их коагуляции и, как следствие, к осаждению в сильно кислой (рН ~ 1–2) среде [15].

Гуминовые кислоты в подкисленном растворе гумусовых кислот при рН ~ 1–2 представляют собой агрегативно неустойчивую систему. Однако при большом разбавлении щелочного раствора гумусовых кислот (например, в 20–30 раз) ГК в осадок не выпадают даже при рН ~ 1, т. е. при определенных условиях (в частности, при низкой концентрации) ГК могут находиться в агрегативно устойчивом состоянии в широком диапазоне рН [16].

Фульвокислоты легко растворимы в воде и способны образовывать сильно кислые и весьма концентрированные водные растворы [11]. С позиций коллоидной химии раствор ФК представляет собой свободнодисперсную агрегативно-устойчивую систему ГВ, мало зависящую от концентрации, величины водородного показателя (рН) и ионной силы раствора [16].

ВЫВОДЫ

1. Концентрация растворов гумусовых кислот сильно повлияла на отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ исследованных миграционно-мицелярных чернозёмов.

2. Без выравнивания концентрации растворов гумусовых кислот перед осаждением гуминовых кислот, вниз по профилю во всех почвах с уменьшением содержания органического вещества в составе гумуса увеличивалась доля фульвокислот. При этом в случае агрогенной и постагрогенной почв доля фульвокислот была больше, чем в почвах целинного участка и лесополосы. Степень гумификации была средней в почвах лесополосы и целинного участка и слабой в почвах залежи и пашни.

3. При выравнивании концентрации раствора гумусовых кислот перед осаждением гуминовых кислот отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ в профиле всех почв не менялось с глубиной и тип гумуса во всех почвах, кроме почвы пашни, оценивался как фульватный, в почве же пашни – как очень фульватный. Степень гумификации во всех почвах оценивалась, как слабая.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александрова Л.Н.* Гумусовый режим пахотных дерново-подзолистых почв и пути его регулирования // Гумус и почвообразование / Научн. труды Ленингр. с.-х. ин-та. Л.-Пушкин, 1977. Т. 329. С. 3–16.

2. *Александрова Л.Н.* О природе перегноя // Записки Ленингр. с.-х. ин-та. Л.-Пушкин, 1955. Вып. 9. С. 88–89.
3. *Арчегова И.Б.* Некоторые соображения о сущности почвы на примере строения тундровых почв / Почвенные ресурсы Севера, их использование, повышение продуктивности и охрана / Труды Коми науч. центра Уро РАН. № 132. Сыктывкар, 1993. С. 69–76.
4. *Брэдфильд Р.* Новейшие исследования в области почвенных коллоидов и значение их для классификации почв // Почвоведение. 1936. № 3. С. 382–390.
5. *Гедройц К.К.* Коллоидная химия в вопросах почвоведения. 1. Коллоидные вещества в почвенном растворе. Образование соды в почве. Щелочные солонцы и солончаки // Журнал опытной агрономии. 1912. Т. 13. Кн. 3. С. 363–420.
6. *Геммерлинг В.В.* Опыт характеристики гумусовых веществ почвы на основании их коллоидно-химических свойств // Учён. записки Моск. ун-та. 1952. Вып. 141. С. 15–36.
7. *Гришина Л.А., Орлов Д.С.* Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения / Советские почвоведы к 6-му Междунар. конгрессу почвоведов в Канаде, 1978 г. М.: Наука, 1978. С. 42–47.
8. *Кононова М.М., Бельчикова Н.П.* Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв // Почвоведение. 1961. № 10. С. 75–88.
9. *Крупский Н.К., Лактионов Н.И.* К вопросу о коллоидно-химических исследованиях гумуса чернозёма как дисперсной системы // Труды Укр. НИИ почвоведения. 1959. Т. 4. С. 109–119.
10. *Маттсон С.Э.* Почвенные коллоиды. Сборник главнейших работ С. Маттсона / Пер. с англ. М.: Огиз Сельхозгиз, 1938. 432 с.
11. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. 287 с.
12. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С.* Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
13. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И.* Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.
14. *Пономарёва В.В., Плотникова Т.А.* Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). Л.: Наука, 1980. 222 с.
15. *Попов А.И.* Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / Под ред. Е.И. Ермакова. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. 248 с.
16. *Попов А.И., Бурак А.Ю.* Коллоидно-химические свойства гуминовых веществ // Гумус и почвообразование / Сб. научн. трудов С.-Петербур. гос. аграрн. ун-та. СПб., 1998. С. 26–30.
17. *Попов А.И., Русаков А.В.* Хемодеструкционное фракционирование органического вещества почв // Почвоведение. 2016. № 6. С. 663–670.
18. *Попов А.И., Чертов О.Г.* Биогеоценотическая роль органического вещества почв // Вестник С.-Петербур. ун-та. 1996. Серия 3. Биология. Вып. 2. С. 88–97.
19. *Ремезов Н.П.* Почвенные коллоиды и поглонительная способность почв. М.: Сельхозгиз (Гос. изд-во. с.-х. лит-ры), 1957. 224 с.
20. *Федотов Г.Н., Шоба С.А.* Существующие представления о возможных путях формирования гумусовых веществ в почвах // Почвоведение. 2013. № 12. С. 1523–1529.
21. *Хан Д.В.* Органо-минеральные соединения и структура почвы. М.: Наука, 1969. 142 с.
22. *Цыплёнков В.П.* Быстрый колориметрический метод определения содержания гумуса в почвах и почвенных растворах // Почвоведение. 1963. № 10. С. 91–95.
23. *Цыплёнков В.П., Попов А.И.* Колориметрическое определение органического углерода в растворах // Вестник Ленингр. ун-та. 1979. Серия биол. Вып. 4. № 21. С. 112–113.
24. *Шинкарев А.А., Гиниятуллин К.Г., Мельников Л.В., Кринари Г.А., Гневашев С.Г.* Органические компоненты глино-металло-органического комплекса почв лесостепи (теоретические и экспериментальные аспекты изучения). Казань: Казанск. гос. ун-т им. В.И. Ульянова-Ленина, 2007. 248 с.

25. *Peña-Méndez E.M., Gajdošová D., Novotná K., Prošek P., Havel J.* Mass spectrometry of humic substances of different origin including those from Antarctica – a comparative study // *Talanta*. 2005. V. 67. P. 880–890. DOI: 10.1016/j.talanta.2005.03.032.
26. *Piccolo A.* The supramolecular structure of humic substances // *Soil Sci.* 2001. V. 166. P. 810–832. DOI: 10.1097/00010694-200111000-00007.
27. *Simpson A.J., Kingery W.L., Hayes M.H.B., Spraul M., Humpfer E., Dvortsak P., ..., Hofmann M.* Molecular structures and associations of humic substances in the terrestrial environment // *Naturwissenschaften*. 2002. V. 89. P. 84–88. DOI: 10.1007/s00114-001-0293-8.
28. *Swift R.S.* Macromolecular properties of soil humic substances: Fact, fiction, and opinion // *Soil Sci.* 1999. V. 164. No. 11. P. 790–802.
29. *Tschapek M., Wasowski C., Torres Sánchez R.M.* Humic acids as colloidal surfactant // *Plant and Soil*. 1981. V. 63. P. 261–271. DOI: 10.1007/BF02374604.
30. *Wershaw R.L.* Molecular aggregation of humic substances // *Soil Sci.* 1999. V. 164. No. 11. P. 803–813.

Автор благодарит профессора Н.В. Безлер и ассистента кафедры почвоведения Воронежского государственного университета И.В. Черепухину за помощь при выборе объектов исследования.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. А.И. Поповым.

УДК 631.4

ПОЧВЫ ВЕРХОВЫХ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ И ХАНТЫ-МАНСКИЙ АВТОНОМНЫЕ ОКРУГА)

К.А. Кузнецова

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Почвы Западной Сибири формируются в зоне бугристых болот на льдистой вечной мерзлоте. Особенности морфологического строения торфяных почв являются: высокая степень увлажненности горизонтов; незначительное изменение степени разложения торфа по профилю; небольшая мощность разрезов. По ботаническому составу торф относится к моховому типу. Различия в содержании азота в торфяных почвах определяются различным содержанием его в растениях. Содержание тяжелых металлов в верхних горизонтах данных почв не превышает ПДК.

ВВЕДЕНИЕ

Торфяные почвы Западной Сибири изучены недостаточно в связи с их удаленным местоположением. Данные имеются лишь для растительного покрова и потоков парниковых газов (CO₂ и CH₄). Представляется необходимым изучить свойства верховых торфяных болот в связи с их значительной ролью в экосистемах и возможностью использования в торфопромышленном и торфохимическом производствах.

Целью исследования являлось раскрытие особенностей торфяных почв, формирующихся в северотаежной зоне Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны торфяно-болотные почвы следующих субъектов РФ:

1. Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО), пос. Ханымей; почвы:
 - а. торфяная олиготрофная крупнобугристого типа;
 - б. торфяная олиготрофная плоскобугристого типа.

2. Ханты – Мансийский автономный округ (ХМАО), полевой стационар Югорского государственного университета «Мухрино»; почвы:

с. торфяная остаточно-эутрофная.

Образцы почв для исследования были отобраны летом 2016 года в совместной экспедиции с участниками из Института почвоведения и агрохимии СО РАН г. Новосибирска (под руководством Н.П. Миронычевой-Токаревой) и Югорского Государственного Университета г. Ханты-Мансийска (руководитель – Е.Д. Лапшина).

Применялись следующие методы исследования:

1. Определение химических параметров по общепринятым методикам [1];
2. Определение содержания азота, углерода и водорода с помощью CHN – анализатора;
3. Проведение валового анализа по стандартной методике [5];
4. Определение ботанического состава с помощью бинокля и атласа растительных остатков, встречаемых в торфе [7];
5. Определение микроэлементного состава верхних горизонтов почв методом рентгенофлуоресцентного анализа (с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра серии EDX 800 HS (Shimadzu)).

Климат. Из элементов климата при болотообразовании важны атмосферные осадки и температура [3]. В ЯНАО и ХМАО испаряемость высокая – 578 и 618 мм/год, соответственно [4]. Средняя годовая температура в Западной Сибири отрицательная. Число дней с температурой, превышающей 10 °С, меньше, чем для бореальной зоны в целом (85 дней).

В ЯНАО мощность снега составляет 70 см, в отдельные годы достигая значения 75 см. На территории ХМАО она меньше – 52 см. В Ханымее безморозный период составляет 87 дней, а в Ханты-Мансийске – 107 дней.

Все рассматриваемые характеристики климата создают благоприятные условия для протекания процесса болотообразования на данных территориях.

Рельеф. Участки, на которых проводились исследования, находились на слаборасчлененной равнине. Особенностью геоморфологии территории ЯНАО вблизи поселка Ханымей является наличие зоны бугристых болот.

Бугристые болота представляют собой чередование мерзлых бугров высотой 0.5–8 м с сильно обводненными тальми мочажинами. В зоне плоскобугристых болот заболоченность составляет 20–50 %, болота подстилаются многолетней мерзлотой. Высота бугров до 70 см. Распространение крупнобугристых болот связано с зоной островной многолетней мерзлоты. В самих буграх всегда имеется мерзлое ядро. Высота их достигает 11 м [2].

Почвообразующие породы – флювиогляциальные песчаные отложения с прослоями легкого суглинка в сочетании с крупной галькой и валунами. Породы бескарбонатны и бедны основаниями, обладают хорошей водонепроницаемостью и низкой водоудерживающей способностью.

Растительный покров. Территория Сибирских Увалов находится в бореальной зоне Урало-Сибирской фракции северотаежной формации. Вблизи поселка Ханымей преобладают кустарничково-мохово-лишайниковые ассоциации (*Cladonia rangiferina*, *Dicranum gatum*, *Ledum palustre*) на буграх, осоково-пушицево-сфагновые и осоково-гипновые (*Sphagnum balticum*, *S. lindbergii*) в мочажинах крупнобугристых болот в сочетании с плоскобугристыми и грядово-мочажинными болотами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Морфологическое описание почв

Для почв Западной Сибири общими признаками являются: высокая степень увлажненности горизонтов, обусловленная близким залеганием грунтовых вод; незначительное изменение степени разложения торфа вниз по профилю; небольшая мощность торфя-

ной части разрезов (50–70 см). Разрезы находились на выположенных участках территории или в незначительных понижениях.

Почвы Западной Сибири сходны по динамике степени разложения торфа: все подстилочные горизонты характеризуются слабой степенью; в целом по профилю степень разложения увеличивается, однако, в срединных горизонтах профиля встречаются и сильнооразложившиеся слои.

2. Физико-химические свойства

Торфяные олиготрофные почвы Западной Сибири характеризуются значениями pH KCl от 3.8 до 5.2 (табл.). Значения суммы поглощенных оснований невелики – от 20.4 мг-экв/100 г почвы в подстилке до 5.6 мг-экв/100 г в нижнем горизонте. Содержание кальция в верхних горизонтах превышает содержание магния, в нижних горизонтах в редких случаях магния обнаружено больше, чем кальция. Почвы характеризуются малой зольностью и очень высокими значениями гидролитической кислотности. Особо выделяется почвы Мухринского стационара с крайне высокими показателями (до 180 мг-экв/100 г в верхнем горизонте).

Содержание подвижных форм фосфора составляет значительную долю от общих его запасов. Некоторые значения (3.5 и 4.5 мг/100 г в торфяной олиготрофной почве плоскобугристого типа) превышают средние показатели. Содержание подвижного калия незначительно, оно уменьшается от верхних горизонтов к нижележащим.

В образцах торфяных почв содержание азота изменяется от 0.49 до 3.46 %. Различия в содержании азота в почвах Ханымей и Мухрино определяются различным содержанием азота в растениях. Растительное сообщество на разрезе 2 (Ханымей) несколько богаче по содержанию азота, что и отражается на содержании азота в почве.

В торфе верховых болот содержание углерода изменяется от 47.44 до 59.7 %. В торфяных олиготрофных почвах оно увеличивается с глубиной, в торфяной остаточно-эутрофной-уменьшается. Содержание водорода составляет 5.35–6.99 %. Оно увеличивается вниз по профилю и связано с ростом степени разложения торфа.

Таблица. Физико-химическая характеристика торфяных почв Западной Сибири.

Горизонт	Глубина, см	pH водный	pH KCl	Поглощенные основания, мг-экв./100 г почвы			S, мэкв/100 г	ГК, мг-экв/100 г почвы	C, %	H, %	N, %	Зольность, %	ППЗ, %
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Σ							
Р.1. Торфяная олиготрофная крупнобугристого типа													
O	0–3	4.9	4.9	10.5	8.3	18.8	120	97.5	53.6	6.24	0.91	3.84	97
T ₁	3–12	5.1	4.2	6.9	5.4	12.3	110	93.8	53.5	6.20	1.08	3.70	98
T ₂	12–24	5.4	4.3	5.4	5.4	10.8	90	122.5	54.9	6.58	0.89	3.44	98
T ₃	24–50	5.8	4.9	3.3	3.4	6.7	78	111.2	54.7	6.43	1.36	2.84	96
Р.2. Торфяная олиготрофная плоскобугристого типа													
O	0–5	3.7	4.2	11.8	8.2	20.4	100	120.0	–	–	3.34	4.21	99
T ₁	5–16	5.4	4.4	12.4	5.6	18.1	95	150.0	–	–	3.46	2.33	96
T ₂	16–24	5.5	3.8	9.1	6.4	15.5	75	106.2	–	–	2.53	2.63	96
T ₃	24–30	6.3	4.4	10.3	5.0	15.3	55	131.2	53.4	6.4	–	3.20	97
T ₄	30–45	5.8	4.6	6.0	6.0	12.0	40	107.5	53.9	6.64	–	2.61	96
T ₅	45–55	6.1	5.2	6.2	3.7	9.5	38	131.2	59.7	6.99	–	–	–
Р.3. Торфяная остаточно-эутрофная													
T ₁	0–10	4.8	4.6	8.8	6.6	15.4	104	180	–	–	–	–	–
T ₂	10–20	4.5	4.4	5.6	5.6	11.2	81	165	–	–	–	–	–
T ₃	20–30	4.6	4.4	3.5	3.9	7.4	78	133	49.5	5.66	0.49	2.10	97
T ₄	30–40	4.6	4.3	3.5	2.1	5.6	60	153	47.4	5.35	0.56	2.84	98

3. Биологические свойства

Торф Западной Сибири относится к моховому типу. На территории Ханымея был обнаружен магелланикум-торф и капиллефолиум-торф с прослоями рыжевато-ангустифолиум-торфа. Торф Мухрино представлен мхами рода фускум.

4. Макроэлементный и микроэлементный состав

Наибольшее содержание кремнезема отмечается для подстилочных горизонтов почв Ханымея (от 2 до 5.5 %). Содержание S, K, P, Ca, Ba, Ti соответствуют данным, приведенным в литературе, и примерно одинаково для почв обоих объектов. Содержание Mg в большинстве горизонтов превышает среднее табличное значение.

Диапазон тяжелых металлов, обнаруженных в исследуемых почвах, был невелик – всего 5 элементов (Mn, V, Cu, Ni, Zn). Содержание каждого элемента было меньше кларка и не превышало ПДК. Наименее распространенными оказались V и Ni – они содержатся только в одном горизонте одной почвы в количестве 10 мг/кг. Наибольшее содержание характерно для Mn (от 30 до 100 мг/кг), оно резко изменяется вниз по профилю. Торфяные почвы характеризуются очень низким содержанием определяемых микроэлементов.

Торфяные залежи болот имеют биогенное происхождение, а основными торфообразователями на верховых болотах являются сфагновые мхи. Поэтому торфяные залежи наследуют элементный химический состав растений торфообразователей, депонируя в себе значительную часть элементов [6].

ВЫВОДЫ

1. Торфяные почвы Западной Сибири формируются в условиях резко континентального сурового климата на льдистой вечной мерзлоте, торф относится к моховому типу;
2. В Западной Сибири распространены кустарничково-мохово-лишайниковые ассоциации на буграх и осоково-пушицево-сфагновые в мочажинах бугристых болот;
3. Различия в содержании азота в торфяных почвах Западной Сибири определяются различным содержанием его в растениях;
4. К особенностям морфологического строения торфяных почв относится: высокая степень увлажненности горизонтов; незначительная степень разложения торфа по профилю; небольшая мощность разрезов (менее 72 см);
5. Верховые торфа имеют кислую реакцию среды, характеризуются высокими значениями гидролитической кислотности и имеют малую зольность;
6. Содержание таких элементов, как сера, кальций, железо, барий и титан в почвах всех объектов одинаково;
7. Содержание тяжелых металлов в верхних горизонтах торфяных почв не превышает ПДК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базин Е.Т. Технический анализ торфа. – Москва: Недра, 1992.
2. Герасимов И.Н. и др. Природные условия и естественные ресурсы СССР. Западная Сибирь. – Москва: Издательство академии наук СССР, 1963.
3. Инишева Л.И. Болотоведение. – Томск, 2009.
4. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1969.
5. Растворова О.Г. и др. Химический анализ почв: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Издательство СПбГУ, 1995.
6. Степанова В.А., Коронатова Н.Г. Микроэлементный состав торфов Бакчарского болота // Болота и биосфера: материалы седьмой всероссийской с международным участием научной школы. – Томск, 2010.
7. Тюремнов С.Н. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. – Москва; Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1959.

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

ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОГО ОКРУГА МОСКВЫ)

Н.Ю. Кузьминская

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Определена степень деградации поверхностного слоя почв и почвенных разрезов, заложенных в Западном административном округе Москвы, под воздействием противогололедных реагентов. Развитие засоления наиболее ярко проявляется в поверхностных горизонтах почв в весенний период со слабой степенью деградации (плотный остаток солей 0.1–0.25 %). В осенний период значение плотного остатка уменьшается, однако, степень деградации остается неизменной. При оценке последствий от развития солонцеватости установлено, что 58 % проб имеют слабую степень деградации, почвы в остальных точках опробования не деградированы. Негативное влияние засоления и солонцеватости проявляется в основном в верхней части почвенного профиля. Весной в разрезах наблюдаются пики, которые относятся к слабой степени деградации, а осенью они сглаживаются, и весь профиль почвы переходит в разряд недеградированных.

ВВЕДЕНИЕ

Использование на дорогах противогололедных реагентов (ПГР) в зимний период вызывает ряд экологических проблем, связанных с накоплением легкорастворимых солей [5, 11]. Засоление городских почв снижает почвенное плодородие и вредит зеленым насаждениям, приводя к ухудшению их состояния и гибели [8]. Длительное использование ПГР, в состав которых входит NaCl, обуславливает развитие солонцевания, которому способствует промачивание почвы в весенний период талыми минерализованными водами, а летом – пресными атмосферными осадками [6]. В летний период благодаря поливочным машинам в придорожные почвы поступает вода, содержащая пыль и соли с дорожного полотна. Все это приводит к деградации почвенного покрова.

Цель данной работы – оценить степень деградации почвенного покрова Западного административного округа (ЗАО) Москвы, под воздействием засоления и солонцевания.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Физико-географические условия. Большая часть изучаемой территории расположена на Теплостанской возвышенности, относящейся к Москворецко-Окской пологоувалистой вторичной ледниковой равнине. В системе почвенного районирования территория Москвы входит в Смоленско-Московский округ Среднерусской южнотаежной провинции дерново-мелко- и неглубокоподзолистых почв зоны дерново-подзолистых почв южной тайги, которая относится к Европейско-Западно-Сибирской таежно-лесной почвенно-биоклиматической области Бореального географического пояса [1].

Почвенный покров на территории Москвы перекрыт культурным слоем, на котором сформировались своеобразные антропогенные почвы. В районах исследования наиболее распространены урбаноземы и квазиземы [5].

Техногенное воздействие. ЗАО характеризуется довольно плотной дорожной сетью, здесь проходит несколько крупных автомагистралей. Применяемые в Москве реагенты хлоридной группы не менее чем на 93 % состоят из технической поваренной соли [6]. Обычно соль смешивается с мраморной крошкой, которая после таяния снежного покрова маркирует места внесения ПГР. Расход ПГР при разовой обработке дорог составляет 80–200 г/м², на 1 м² пешеходной зоны Москвы при 50 обработках в среднем за зиму поступает от 4 до 10 кг солей, а при 75 – от 6 до 15 кг [10].

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Русского географического общества (проект № 17-05-41024).

© Н.Ю. Кузьминская, 2017

Полевые методы. Образцы почв из поверхностного (0–10 см) слоя отбирались в трех районах округа – Крылатском, Можайском и Ново-Переделкинском в конце апреля и в сентябре 2015 г. в одних и тех же точках. Этот слой является наиболее уязвимой частью профиля почвы и одновременно наиболее важной при выполнении ею экологических функций. Точки опробования выбраны вблизи автодорог с разной интенсивностью движения: 4 вблизи МКАД, 10 на крупных, 5 на средних дорогах, 7 во дворах. Образцы представляют собой смешанную пробу, состоящую из 3–5 индивидуальных [4]. В Одинцовском районе Московской области, в 35–38 км к западу от МКАД отобрано 11 фоновых проб.

Особенности латеральной миграции солей изучались в мае 2015 г. путем заложения почвенных катен в долине реки Сетунь, в двух районах ЗАО: Можайском и Ново-Переделкино. Обе катены спускаются от внутрирайонных дорог к реке: в Можайском районе – от Вереysкой улицы, в Ново-Переделкино от Приречной улицы. Первая катена состоит из пяти разрезов и одной прикопки, из которых отобрано 22 образца, во второй заложено шесть разрезов и три прикопки, из которых было получено 24 образца.

В Ново-Переделкино, Крылатском и на фоновом участке в Одинцовском районе были заложены 3 единичных разреза, из которых отобрано 20 образцов. Почвы, вскрытые в районах ЗАО, были определены как квазиземы, которые состоят из компостно-гумусового рекультивационного материала, образующего поверхностный горизонт RAT и вносимого на предварительно подготовленную поверхность техногенного субстрата ТСН. В осенний период проведено повторное опробование двух разрезов в тех же точках, что и весной.

Лабораторные исследования. Образцы почв высушивались в сушильных шкафах при температуре 40 °С и просеивались через сито с диаметром ячеек 1 мм. Состав легко-растворимых солей в почвенных пробах определялся в водной вытяжке (при соотношении 1:5), анионы Cl^- , NO_3^- , HPO_4 , SO_4^{2-} анализировались на ионном хроматографе «Стайер» с пределом детектирования по хлорид-иону 0.02 мг/л, катионы Na^+ , K^+ – с помощью пламенной фотометрии, Ca^{2+} и Mg^{2+} – комплексометрическим методом.

Общая щелочность определялась путем кислотно-основного титрования [2]. Вытеснение обменных катионов производилось аммонийным ионом 1.0 н. раствора NH_4Cl по методу Гедройца (Аринюшкина, 1970). Минерализация почвенного раствора TDS измерялась кондуктометром «SevenEasy S30», Mettler Toledo (погрешность $\pm 0.5\%$), pH – pH-метром «ЭКСПЕРТ-pH» (погрешность ± 0.07 ед. pH). Гранулометрический состав образцов анализировался на лазерном гранулометре Analysette 22 comfort. Содержание каждой фракции рассчитывалось по методу Качинского. Все анализы выполнены в Эколого-геохимическом центре географического факультета МГУ.

Обработка данных. Полученные данные обрабатывались в программном пакете STATISTICA10. Плотный остаток в пробе рассчитывался как сумма сухих остатков основных ионов, сухой остаток – как $C \cdot (M/\text{заряд})/1000$, где C – содержание иона в пробе, M – молярная масса иона.

Степень деградации почв от засоления оценивалась по Методике определения размеров ущерба от деградации почв и земель [3] в зависимости от величины плотного остатка выделено пять степеней деградации: недеградированные (ненарушенные); слабо; средне; сильно; очень сильно деградированные (разрушенные). Каждой из этих градаций соответствует свой интервал значений плотного остатка (P , %): менее 0.1; 0.10–0.25; 0.25–0.50; 0.50–0.80; более 0.8 соответственно.

Степень деградации почв от солонцеватости также оценивалась по Методике определения размеров ущерба от деградации почв и земель [3] в зависимости от доли Na в сумме обменных оснований, с пятью степенями деградации: недеградированные (ненарушенные); слабо; средне; сильно; очень сильно деградированные (разрушенные). Каждой из этих градаций соответствует свой интервал значений обменного Na (%): менее 5; 5–10; 10–15; 15–20; более 20 соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В весенний период поверхностный слой почв ЗАО по величине плотного остатка относится к категории слабо деградированных (0.1–0.25 %). Осенью в большей части точек сохраняется слабая степень деградации, однако значения плотного остатка уменьшаются. В 7 точках из 26 плотный остаток осенью становится меньше 0.1 %, и они переходят в категорию не деградированных почв (табл.).

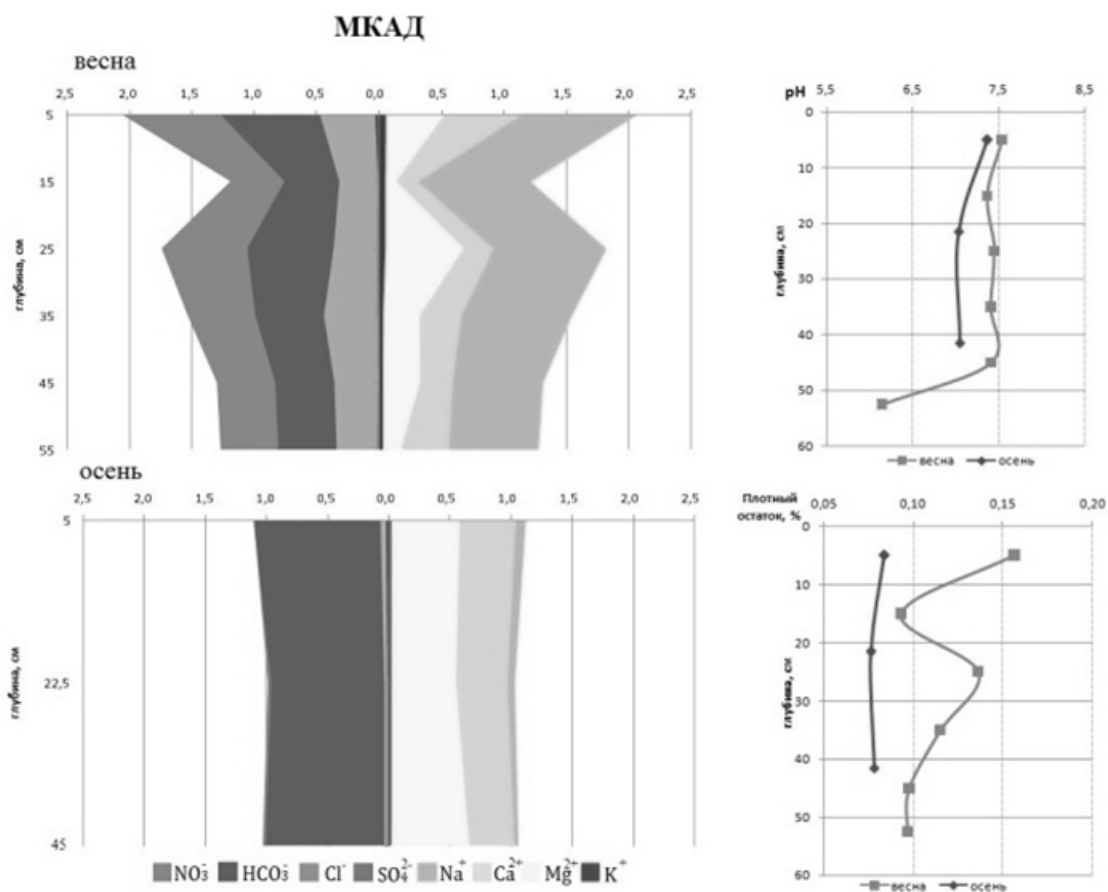
Почвы ландшафтно-геохимических катен на всем протяжении отличаются слабой степенью деградации. Однако, в катене, расположенной в районе Ново-Переделкино, в поверхностной пробе почвы (НП06) отмечено наличие деградации.

В разрезе, заложенном вблизи МКАД, весной наблюдаются два пика суммы солей (на глубине 0–10 см и 20–30 см), к которым приурочены пики плотного остатка, относящиеся к слабой степени деградации (рис. 1). В остальной части профиля деградация отсутствует. В осенний период распределение солей по профилю почвы выравнивается за счет промывного типа водного режима, и максимумы исчезают. Осенью содержание солей в почвенных горизонтах позволяет отнести почву к категории не деградированных.

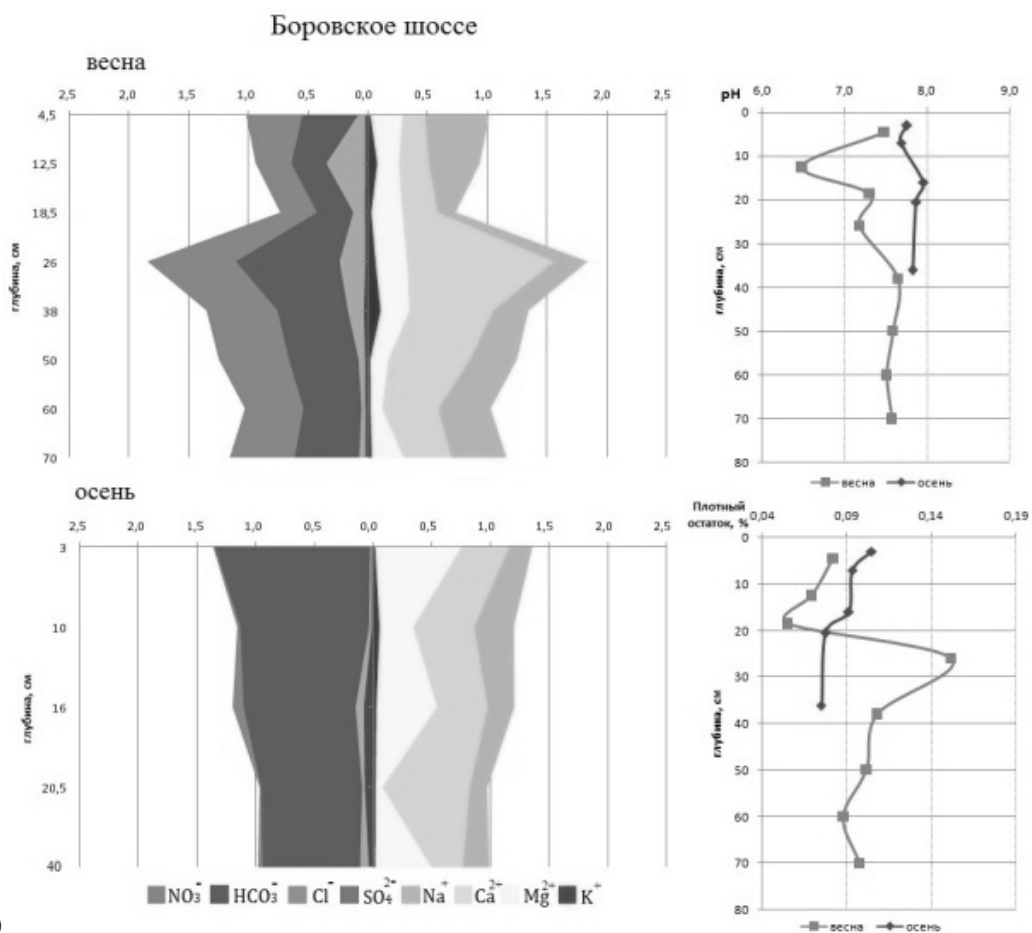
В разрезе, заложенном вблизи Боровского шоссе, в весенний период весь профиль, кроме верхнего слоя (0–20 см), является слабо деградированным (рис. 1). Верхний слой, в котором значение плотного остатка не превышает 0.1, является не деградированным. В осенний период все меняется. Верхний слой почвы переходит в категорию слабой деградации, а нижняя часть профиля в не деградированную.

Таблица. Состав ППК и степень солонцеватости поверхностного горизонта почв ЗАО Москвы и фоновых почв (данные 2015 г.).

Показатель (число проб)	Среднее содержание обменных катионов в ППК, ммоль/100 г почвы				Степень солонцеватости, %	Сумма легко-растворимых солей, ммоль/100 г	Плотный остаток, %, весна	Плотный остаток, %, осень
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺				
Одинцовский район, фон								
Среднее (11)	10.6	3.60	0.53	0.48	3.59	1.39	0.05	0.05
Min	7.15	1.10	0.47	0.23	2.66	0.95	0.04	0.04
Max	14.8	5.50	0.59	1.49	4.59	2.16	0.08	0.08
МКАД								
Среднее (4)	20.4	3.63	1.53	1.53	5.91	3.32	0.13	0.10
Min	16.5	3.00	1.20	1.20	4.06	1.92	0.07	0.07
Max	26.0	5.00	1.92	1.92	7.53	4.48	0.18	0.11
Крупные автомагистрали								
Среднее (10)	24.9	4.05	2.04	0.75	6.49	3.94	0.15	0.11
Min	16.0	0.50	0.98	0.38	2.97	2.94	0.11	0.09
Max	32.0	6.50	2.76	1.22	8.76	6.13	0.24	0.14
Внутрирайонная дорожная сеть								
Среднее (5)	25.1	2.70	2.28	0.59	6.59	3.44	0.14	0.13
Min	14.5	0.50	0.88	0.33	4.22	2.51	0.10	0.08
Max	35.0	4.00	6.20	0.87	13.63	4.92	0.19	0.20
Дворы								
Среднее (7)	23.6	3.29	1.08	0.74	4.03	3.49	0.14	0.11
Min	18.5	0.50	0.59	0.27	1.44	2.49	0.10	0.10
Max	32.0	7.50	1.87	1.20	6.99	4.93	0.19	0.16
В целом по ЗАО								
Среднее (26)	23.5	3.42	1.73	0.69	5.75	3.55	0.14	0.11
Min	14.5	0.50	0.59	0.20	1.44	1.92	0.07	0.07
Max	35.0	7.50	6.20	1.92	13.63	6.13	0.24	0.20



а)



б)

Рисунок 1. Сезонная (весна–осень) динамика засоления (сумма солей, ммоль/100 г) профиля почв вблизи МКАДа (а) и Боровского шоссе (б) (данные 2015 г.).

Большая часть поверхностного слоя почв ЗАО (58 %) характеризуется слабой степенью деградации (Na 5–10 %) из-за солонцеватости. Одна точка отличается средней степенью деградации. Остальная часть территории относится к недеградировавшим почвам (табл.). Эта весьма неплохая ситуация означает, что несмотря на большую солевую нагрузку, почвы в основном обладают слабой степенью деградации или она вовсе отсутствует. Такая устойчивость почв связана с изменением их физико-химических свойств в городских ландшафтах, которые не способствуют развитию процесса солонцевания, в результате рыхления и перемешивания почвы, добавления нового материала и, как следствие, облегчения гранулометрического состава.

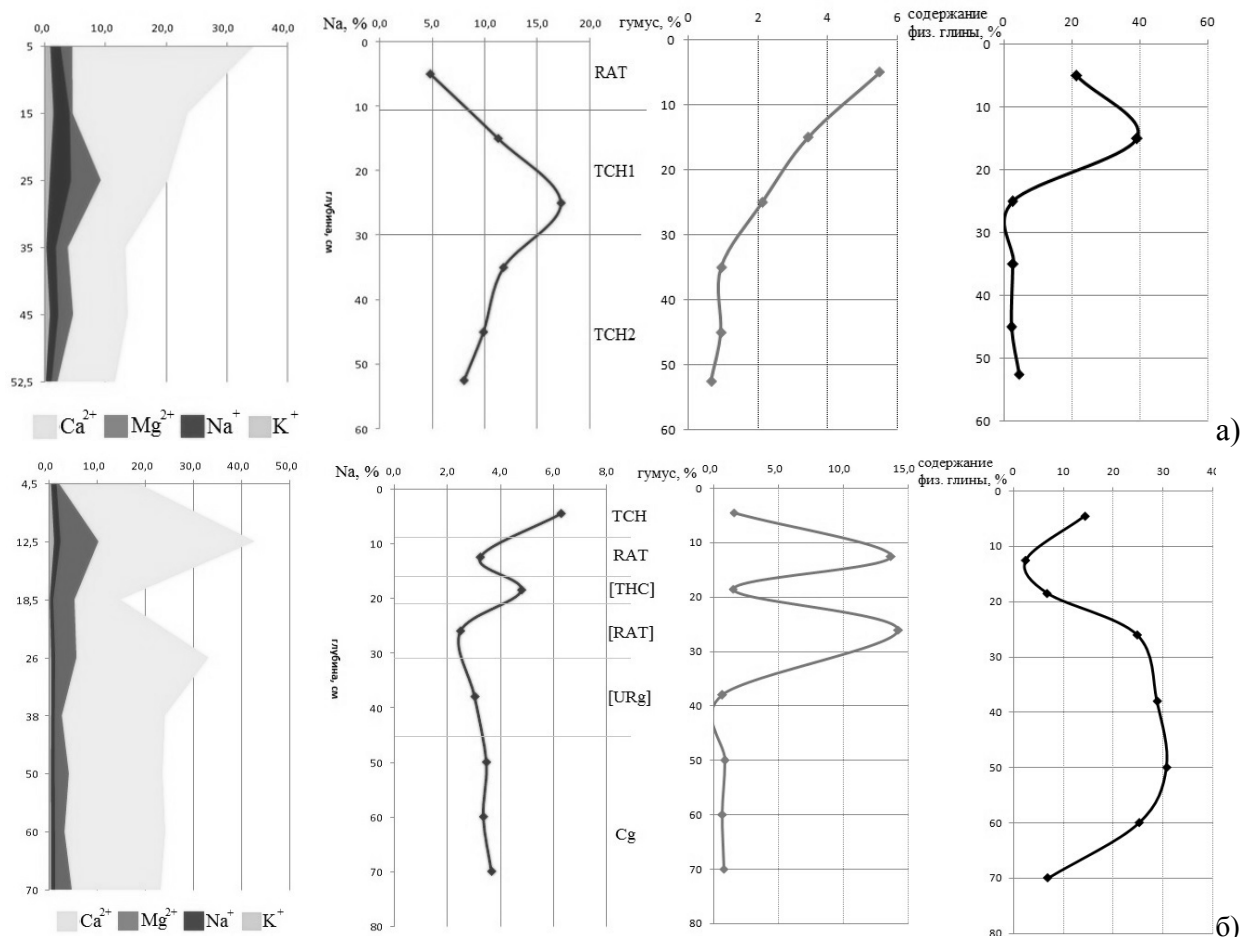


Рисунок 2. Слева направо: сумма обменных оснований, ммоль/100 г, доля Na от суммы обменных оснований, содержание гумуса и содержание физической глины в разрезах вблизи МКАД (а) и Боровского шоссе (б)

Почвы вблизи дорог характеризуются средней степенью деградации, которая меняется с глубиной по почвенному профилю. Так, обе ландшафтно-геохимические катены на всем своем протяжении, за исключением участка вблизи дороги (до 10–15 м от дороги), относятся к не деградированным территориям. Именно эти участки испытывают наибольшее воздействие от дорог. В разрезе, заложенном в 3 метрах от МКАД, прослеживается смена степени деградации от слабой в верхних 20 см до сильной в слое 20–30 см и снова слабой ниже 30 см. Такая высокая степень деградации в слое 20–30 см связана с эпизодическим протаиванием снега во время оттепелей (рис. 2). Разрез, заложенный в 2–3 метрах от Боровского шоссе, отличается меньшей степенью деградации. Так, только верхний горизонт относится к слабой степени деградации, а остальной профиль не подвержен деградации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ПГР приводит к развитию процессов засоления и солонцевания и, как следствие, к деградации почв. В результате проведенных исследований в весенний период была выявлена слабая степень деградации (по плотному остатку) поверхностного горизонта почв ЗАО во всех точках опробования. В осенний период значение плотного остатка уменьшается, однако, степень деградации остается неизменной. При оценке деградации почв от солонцеватости установлено, что 58 % проб относятся к слабой степени деградации, а остальные точки – к недеградированным. Степень деградации в опробованных разрезах также колеблется по сезонам: весной в разрезах наблюдаются пики, которые характеризуются слабой степенью деградации, а осенью они сглаживаются, и весь профиль почвы переходит в разряд недеградированных. Такая устойчивость почв связана с техногенной трансформацией их физико-химических свойств, а также промывным типом водного режима.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Карта почвенно-экологического районирования* Российской Федерации. Науч. ред. Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. М 1:2 500 000. Москва, 2013.
2. *Кречетов П.П., Дианова Т.М.* Химия почв. Аналитические методы исследования: Учебное пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2009. 148 с.
3. *Методика определения размеров ущерба* от деградации почв и земель. Препринт. Упр. охраны почв и земельных ресурсов Минприроды России и упр. мониторинга земель и охраны почв Роскомзема. М., 1994. 13 с.
4. *Методические рекомендации по оценке загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами* / В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина и др. М.: Почвенный институт, 1999. 32 с.
5. *Никифорова Е.М., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е.* Многолетняя динамика антропогенного засоления почв Москвы (на примере Восточного округа) // Почвоведение, 2014. № 3, с. 351–363.
6. *Никифорова Е.М., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е.* Многолетняя динамика антропогенной солонцеватости почв ВАО Москвы при использовании противогололедных реагентов // Почвоведение, 2017. № 1, с. 1–12.
7. *Прокофьева Т.В., Мартыненко И.А., Иванников Ф.А.* Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // Почвоведение, 2011, № 5, с. 611–623.
8. *Смагин А.В., Азовцева Н.А., Смагина М.В., Степанов А.Л., Мяжкова А.Д., Курбатова А.С.* Некоторые критерии и методы оценки экологического состояния почв в связи с озеленением городских территорий // Почвоведение. 2006. № 5, с. 603–615.
9. *Систер В.Г., Корецкий В.Е.* Инженерно-экологическая защита водной системы северного мегаполиса в зимний период. М.: Центр МГУИЭ, 2004. 159 с.
10. *Хомяков Д.М.* Москва солям не верит. О противогололедных реагентах, используемых в Москве за зимний период, и их объеме // Дорожная держава, 2015, вып. 58, с. 91–95.
11. *Ramakrishna D., Viraraghavan T.* Environmental impact of chemical deicers – a review // Water Air Soil Pollut. 2005. V. 166. P. 49–63.

Работа рекомендована д.г.н., в.н.с. географического факультета МГУ Н.Е. Кошелевой.

ПОДХОДЫ К ВЫДЕЛЕНИЮ КОНТУРОВ АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. Лазарева

ФГБНУ ЦМП им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург,
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

В Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева, в соответствии с госзаданием № 0671-2014-0002, завершается создание цифровой почвенной карты Ленинградской области, масштаба 1:200 000. На карте помимо контуров естественных почв было выделено более 50 % контуров: непочвенных образований; почв первичного ствола почвообразования; почв сельскохозяйственных угодий в их современных границах; почв и почвенных комбинаций, характерных для населенных пунктов и садоводств; залежных земель; антропогенно-преобразованных почв; антропогенно-измененных естественных почв. Для выделения контуров антропогенно-измененных почв использовались следующие подходы: исторический; факторный; аналитический; антропоцентрический; современный с использованием геоинформационных технологий.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенное картирование территорий, находящихся под влиянием прямого и косвенного воздействия человека, существенно отличается от картирования территорий, на которых формирование почв связано, в основном, с действием естественных факторов. На данных территориях методы картирования естественных почв можно применять лишь ограниченно, поскольку многие природные факторы почвообразования изменены под влиянием ярко выраженной антропогенной деятельности.

В последние годы, на территории Ленинградской области (ЛО), в связи с увеличением объемов строительных работ, продуктопроводов, неконтролируемой распахкой земель, добычей полезных ископаемых и др., резко возросла роль антропогенного фактора. Человек активно воздействует на окружающую среду, преобразуя ее под свои нужды, создает новые антропогенные почвы и формы организации почвенного покрова, не имеющие естественных аналогов [1, 5].

В последней почвенной карте, масштаба 1:300 000, созданной 50 лет назад, из антропогенно-измененных почв показаны только почвы сельскохозяйственных угодий, что не отражает нынешнее состояние почвенного покрова. Для прогноза изменения экологических функций почв; проведения качественных экспертиз проектов, связанных с использованием почв и почвенного покрова; разработки общих и специальных районирований (почвенно-географическое, агрохимическое, природно-сельскохозяйственное и др.); мелиоративных, рекультивационных и реабилитационных мероприятий; кадастровой оценки земель и пр. необходим новый информационный ресурс, содержащий данные о современном состоянии почв и почвенного покрова ЛО, главным элементом которого является карта.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева, в соответствии с госзаданием № 0671-2014-0002, завершается создание цифровой почвенной карты (ЦПК) Ленинградской области, масштаба 1:200 000.

Карта составляется с применением методов традиционного (прямого и косвенного) и цифрового почвенного картографирования (автоматическое и полуавтоматическое дешифрирование по космическим снимкам).

Названия почв приводятся в соответствии с Классификацией и диагностикой почв России 2004 года [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

На карте помимо контуров естественных почв были выделены контуры антропогенно-измененных почв. Для выделения контуров антропогенно-измененных почв ЛО использовались следующие подходы: исторический; факторный; аналитический; антропоцентрический; современный с использованием геоинформационных технологий.

Определение содержательной характеристики контуров складывалось из данных дешифрирования и результатов научных исследований.

Исторический подход. Обобщались имеющиеся материалы (полевые исследования, картографические и литературные данные), сопоставлялись с современными представлениями о почвах и почвенном покрове. Использовались Финские карты территории Карельского перешейка, масштабов 1:100 000 и 1:20 000 (1930–1940 гг.).

Данный подход позволил выявить и отразить на карте контуры почв, в прошлом подвергшихся сельскохозяйственному использованию.

На рис. 1 представлен участок территории Выборгского района Карельского перешейка, на котором показаны залежные земли.

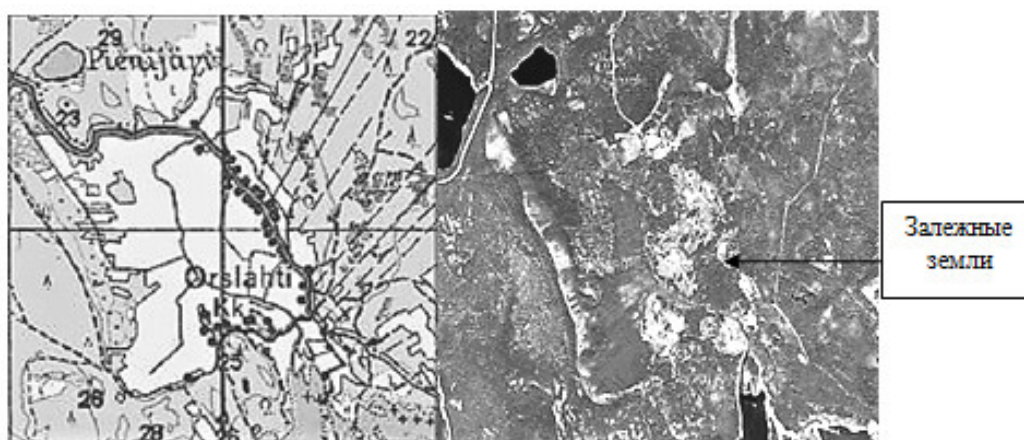


Рисунок 1. Фрагмент Финской карты Карельского перешейка исходного масштаба 1:100 000 (слева) и космоснимок «Google» этого же участка (справа).

Факторный подход. Почвенная карта сопоставлялась с картами факторов почвообразования.

Основными используемыми материалами являлись: почвенная карта ЛО, масштаба 1:300 000 (1962–1971 гг.); карта четвертичных отложений ЛО, масштаба 1:500 000 (1967 г.); топографические карты ЛО, масштаба 1:100 000 (1997–1999 гг.).

Проводился факторный анализ, выявлялись связи между почвами и факторами почвообразования с последующим выделением контуров почв.

На рис. 2 представлен участок территории Кингисеппского района Ленинградской области. Показана связь рельефа, гидрологии и почв. Территория представляет собой низменность с распространением, согласно легенде к почвенной карте масштаба 1:300 000 (рис. 2), слабо – и скрыто – подзолистых иллювиально-железистых почв, подзолов иллювиально-железистых и железисто-гумусовых, торфянистых подзолов иллювиально-гумусовых, торфянисто-подзолистых глеевых почв (контуры 1, 2, 11, 10). По рекам выделены дерново-аллювиальные и дерново-аллювиальные глееватые и глеевые почвы (контур XI). На участках болот – торфяные олиготрофные почвы (контур 14). Вдоль берега Финского залива, реки Луга – торфяно-глеевые почвы (контур 13).

Аналитический подход. Для уточнения границ почвенных контуров проводилось детальное исследование почвенного покрова путем заложения ключевых участков.

На ключевых участках проводился ряд описаний, включающих в себя определение местоположения, характеристику мезо- и микрорельефа, растительного сообщества, фиксирование антропогенной трансформации территории, описание почв. Морфологическое описание почв проводилось по общепринятой методике [4].

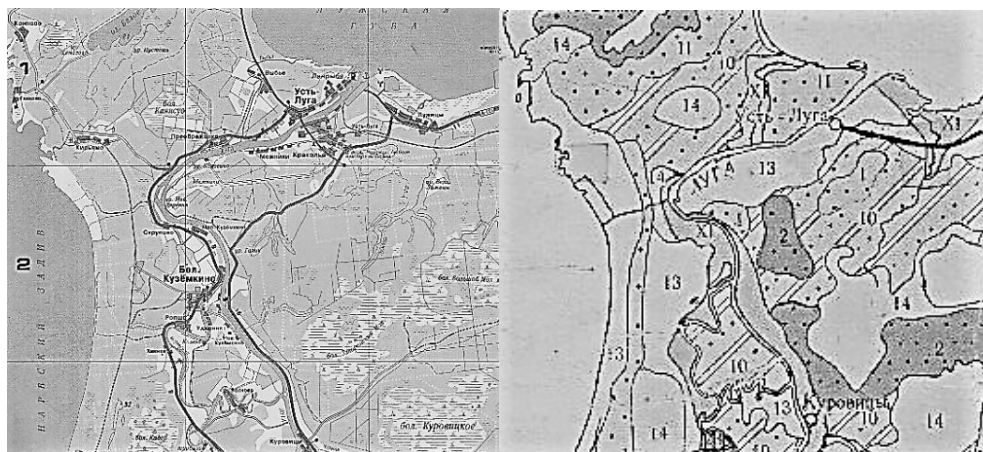


Рисунок 2. Фрагмент топографической карты юго-запада ЛО исходного масштаба 1:100 000 (слева) и фрагмент почвенной карты ЛО исходного масштаба 1:300 000 (справа).

Географические координаты точек описания фиксировались с помощью GPS приемника, переносились на карту, после чего проводилась корректировка границ контуров почв (рис. 3).

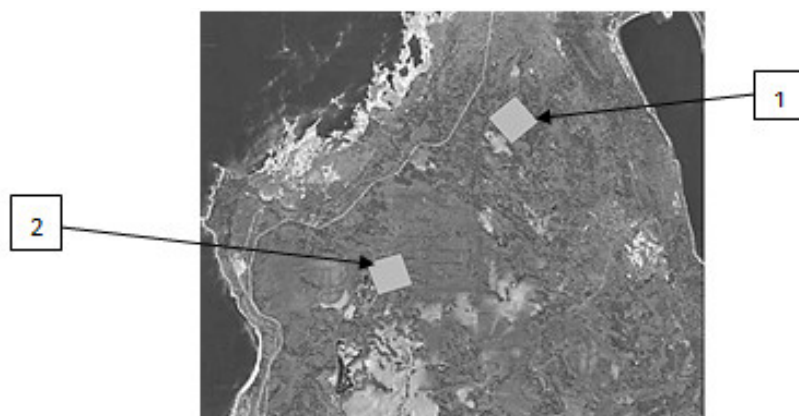


Рисунок 3. Космоснимок «Google», где цифрами отмечены: 1 – подзол иллювиально-железистый глееватый на озерно-ледниковых песках; 2 – элювиально-метаморфическая грубогумусированная глинисто-иллювирированная глееватая почва на озерно-ледниковых отложениях [3].

С целью уточнения диагностики и классификационного положения почвенных разностей по принятым методикам проводились лабораторные анализы образцов почв, отобранных из почвенных разрезов точек описания.

Антропоцентрический подход. Выявлялись площадные, линейные, очаговые антропогенные воздействия и отображались, соответственно, с помощью контуров различных почв и их комбинаций.

На рис. 4 даны примеры линейного и площадного антропогенного воздействия на почвенный покров Ленинградской области. Примером линейного антропогенного воздействия служит проведение трубопровода во Всеволожском районе Ленинградской области, вследствие чего на участке формируются почвы первичного ствола почвообразования. Примером площадного антропогенного воздействия – сельскохозяйственное освоение земель в Волосовском районе Ленинградской области, в результате чего формируются агроземы, агропочвы, которые часто встречаются в комбинациях с непочвенными образованиями. Очаговым антропогенным воздействием может являться заложение карьера при добыче полезных ископаемых.

Современный подход с использованием геоинформационных технологий. ЦПК ЛО создавалась в геоинформационной системе QGIS. Оцифровка карты проводилась по подложке, в качестве которой использовались космоснимки и, как вспомогательный материал, ГИС слои с цифровыми топографическими картами ЛО, масштабов 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000.



Рисунок 4. Космоснимок «Google» – проведение трубопровода во Всеволожском районе ЛО (слева); космоснимок «Google» – земли сельскохозяйственного назначения в Волосовском районе ЛО (справа).

На рис. 5 показан космоснимок и фрагмент цифровой почвенной карты участка Бокситогорского района Ленинградской области, созданный на его основе.

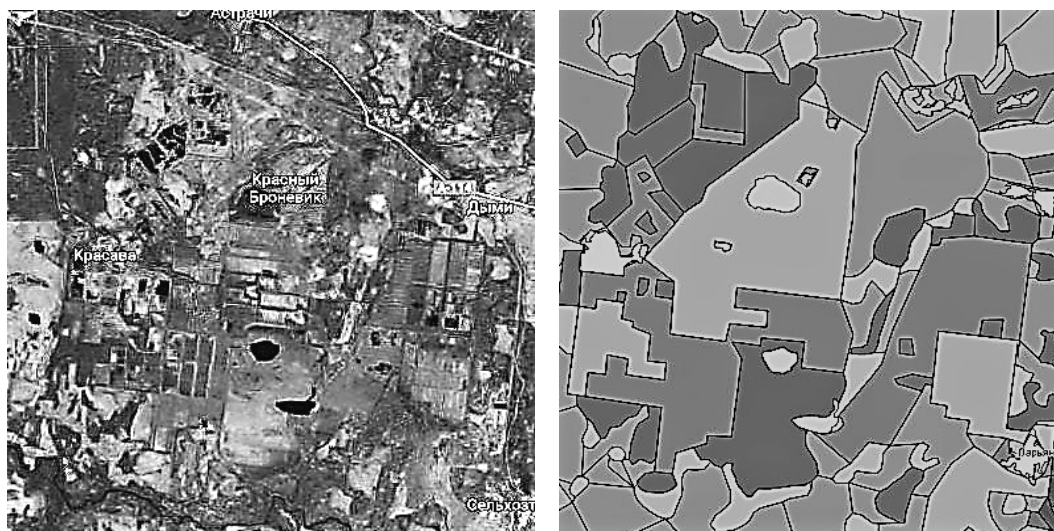


Рисунок 5. Космоснимок «Google» (слева); фрагмент ЦПК участка территории ЛО Бокситогорского р-на исходного масштаба 1:200 000 (справа).

Дешифрирование контуров почв по космическим снимкам проводилось по комплексу прямых и косвенных признаков. Прямыми дешифровочными признаками являлись: цвет, рисунок, граница, форма, размер почвенных контуров, наличие осушительной сети. К косвенным признакам относились: рельеф, гидрология, характер литологии и растительности, своеобразие антропогенной деятельности.

Космические снимки позволили выделить реально существующие границы застроенных территорий, сельскохозяйственных угодий, антропогенно-нарушенных земель.

Критериями выделения контуров антропогенно-измененных почв служили:

- масштаб карты (контуров почв выделялись в соответствии с масштабом 1:200 000 на уровне типов и подтипов; контуров почв генерализовались с отражением структуры почвенного покрова (СПП);

- назначение карты: решение многих научных и практических вопросов, важнейшие из которых – оценка ресурсного потенциала почв (РПП), создание реестра антропогенно-измененных почв ЛО;

- простота и выразительность в оформлении в целях облегчения работы с картой;

- выделялись наиболее характерные для области почвы;

- выделялись почвы, которые имеют повсеместное распространение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с вышеизложенными подходами, согласно критериям, на ЦПК ЛО было выделено более 50 % контуров антропогенно-измененных почв:

- непочвенные образования (карьеры, трубопроводы, здания, сооружения, водоемы);
- почвы первичного ствола почвообразования (псаммоземы, петроземы);
- почвы сельскохозяйственных угодий в их современных границах (агроземы и агропочвы);
- почвы и почвенные комбинации, характерные для населенных пунктов, садоводств (НПО + агроземы, НПО + агропочвы, НПО + интродуцированные почвы);
- залежные земли;
- антропогенно-преобразованные почвы болот (торфоземы);
- антропогенно-измененные естественные почвы (турбированные, стратифицированные).

ЛИТЕРАТУРА

1. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Классификация городских почв в системе Российской и Международной классификации почв. // Бюллетень Почв. Ин-та им. В.В. Докучаева. 2015. Вып. 79. 53–72 с.
2. Классификация и диагностика почв России. Шишов Л.Л. и др. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
3. Красная книга почв Ленинградской области. Отв. ред. Б.Ф. Апарин. – СПб.: Аэроплан, 2007. – 320 с.
4. Методические указания по полевому описанию почв. О.Г. Раствора, Г.А. Касаткина, Н.Н. Федорова. Изд-во СПбГУ, 2002. – 50 с.
5. Почвы Ленинградской области / под. ред. В.К. Пестрякова. – Лениздат, 1973. – 344 с.

УДК 631.4

СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) В ПОЧВАХ МОНИТОРИНГОВЫХ УЧАСТКОВ ЛИСИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Мингареева

ФГБНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, г. Санкт-Петербург,
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии,
г. Обнинск

Исследована удельная активность естественных радионуклидов ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и техногенного ^{137}Cs в почвах разного срока отбора, заложенных на мониторинговых полигонах Лисинского лесничества. Установлено фоновое содержание естественных радионуклидов в образцах почв и почвообразующих пород 1934 и 1964 гг.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время накоплен значительный фактический материал по радиоактивному загрязнению почв в России. Его сложно считать исчерпывающим и полным, т.к. менее 70 % почв территории бывшего СССР в конце 80-х годов осталось неисследованными [9]. Накопленный материал, главным образом, касается почв, подвергшихся в разное время загрязнению техногенными радионуклидами вследствие испытаний ядерного оружия, при авариях на АЭС, транспортировке и хранении радиоактивных отходов и т.д.

Уникальную возможность для исследования содержания радионуклидов в почвах и почвообразующих породах, а также оценки изменения со временем в их содержании и перераспределении дают коллекции почвенных монолитов и образцов из различных регионов России хранящиеся в ФГБНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева (ЦМП) [15]. В частности, одной из таких коллекций является коллекция почв Лисинского лесничества Ленинградской области.

Лисино-корпус является крупным лесным массивом, относительно слабо затронутым антропогенным воздействием. В 1996 г. по Постановлению Правительства он приобрел статус ООПТ и стал региональным комплексным заказником, организованным с целью сохранения старейшей базы научных исследований и учебного лесопарка [2]. Первые почвенные обследования территории были проведены еще в 1926–1929 гг. А.А. Роде [12].

Цель работы – исследование содержания естественных радионуклидов ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и техногенного ^{137}Cs как составной части почвенно-экологического мониторинга в почвах с использованием коллекции монолитов ЦМП.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами явились почвенные образцы из 5 монолитов и 1 разреза, заложенные на мониторинговых полигонах по маршруту II Международного конгресса [2]: 1934 (автор Роде А.А.), 1964 (Мартов Л.Б.), 1996, 2004 и 2009 г. (Апарин Б.Ф.). Исследуемые почвы относятся к 5 таксономическим уровням [8]: глеезем перегнойный (разр. 2116), дерново-элювиально-метаморфическая (разр. 1560 и 711), торфяно-перегнойно-элювозем (разр. 261), аллювиальная серогумусовая (разр. 260) и дерново-подзолистая (разр. МЛК-4). Три из шести исследуемых почв, включены в Красную книгу почв Ленинградской области и относятся к категории «Почвенные эталоны» (разр. 260 и 711) и «Почвы – объекты мониторинга» (разр. 261) [3].

Монолиты и образцы исследуемых почв, доведенные до воздушно-сухого состояния, хранились при комнатной температуре в фондах Музея. Образцы из монолитов отбирались послойно – каждые 5(10) см. Пробоподготовка и последующий анализ образцов проводились однотипно и по общепринятым методикам [6, 11].

Известно, что поведение радионуклидов в почве зависит от многих факторов: генетических особенностей почв, режимов (водный, кислотный, окислительно-восстановительный), содержания органического вещества, гранулометрического, химического и минералогического составов [4, 5, 13, 14, 15]. В образцах были определены: содержание гумуса, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ и гранулометрический состав как показатели, которые в наибольшей степени влияют на поведение радионуклидов в почвах.

Удельная активность радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) определялась методом гамма-спектрометрии [1] в ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии в образцах с глубин: 0–5, 5–10 (0–10), 10–20 и 90–100 см. Почвы 1934 и 1964 гг. отбора были условно отнесены к фоновым, поскольку не содержат техногенного ^{137}Cs .

Статистическая обработка полученных данных проводилась методом описательной статистики (среднее арифметическое (ΔX), стандартное отклонение (σ), коэффициент вариаций (V_σ) и расчета корреляционных взаимосвязей [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Физико-химические и химические свойства почв. *Гранулометрический состав.* Территория Лисино-корпус относится к ландшафту озерно-ледниковых равнин. Исследуемые почвы сформированы на 3 наиболее распространенных типах почвообразующих пород: ленточных глинах, моренных и аллювиальных отложениях. По содержанию фракции физической глины почвы можно разделить на 4 группы: песчаные (аллювиальная серогумусовая, разр. 260), опесчаненные суглинистые (торфяно-перегнойно-элювозем,

разр. 261 и дерново-подзолистая, разр. МЛК-4), суглинистые (дерново-элювиально-метаморфическая, разр. 1560 и 711) и глинистые (глеезем перегнойный, разр. 2116).

Почвы на ленточных глинах (разр. 2116, 1560 и 711) характеризуются высоким содержанием фракции физической глины. В верхних 20 см ее количество варьирует в пределах: 40–50 % в дерново-элювиально-метаморфических почвах и 75–78 % – глееземе перегнойном. На глубине 90–100 см по сравнению с вышележащими горизонтами содержание фракции значительно больше во всех разрезах и изменяется в диапазоне от 69 до 91 %. Преобладающими фракциями в этих почвах являются крупная и мелкая пыль.

Следует отметить, что дерново-элювиально-метаморфическая почва (разр. 711) сформирована на двучленных отложениях: на глубине 90–100 см по сравнению с верхними 20 см резко увеличивается содержание фракции ила (с 10 до 34 %) и резко уменьшается количество мелкого песка (с 14–19 до 4 %).

Почвы на моренных отложениях (разр. 261 и МЛК-4) по содержанию фракции физической глины (29–38 %) занимают промежуточное положение между ленточными глинами и аллювиальными отложениями. Преобладающей фракцией является мелкий песок (23–31 %). При этом, в почвообразующей породе обеих почв содержание фракции ила почти в 2 раза больше, чем в вышележащих горизонтах.

Почва на аллювиальных отложениях (разр. 260) характеризуется низким содержанием фракции физической глины (5–10 %). Слоистость, характерная для данного типа отложений, четко заметна между слоями 0–20 см и 90–100 см: резко (почти в 2 раза) увеличивается содержание фракции 1.00–0.25 мм (с 23–33 до 69 %) и уменьшаются фракции мелкого песка (с 45–53 до 24 %) и крупной пыли (с 12–15 до 2 %) в почвообразующей породе.

Содержание гумуса в верхних 5 см исследуемых почв варьирует в достаточно широком диапазоне: от низкого (2.3 % в аллювиальной серогумусовой) до высокого (6.8 % в дерново-элювиально-метаморфической и 7.4 % в дерново-подзолистой). Торфяно-перегнойно-элювозем (разр. 261) потеря при прокаливании для глубин 0–5 и 5–10 см составляет 90 и 77 %, соответственно.

Реакция среды ($pH_{водн.}$) в верхней части профиля (0–20 см) в исследуемых почвах – кислая, за исключением дерново-элювиально-метаморфической почвы (разр. 711), где она была слабокислой (6.0). Низкие значения $pH_{водн.}$ (3.7) наблюдаются в торфяно-перегнойно-элювоземе (разр. 261) на глубинах 5–10 и 10–20 см. В почвообразующей породе (90–100 см) реакция среды слабокислая (6.1–6.4). Исключением явились две почвы: торфяно-перегнойно-элювозем (разр. 261), где реакция среды – нейтральная (7.2) и аллювиальная серогумусовая (разр. 260) – слабокислая (5.3), для которой такая реакция (5.1–5.6) была характерна по всему профилю.

Содержание радионуклидов. Радий-226. Диапазон удельной активности (R_A) естественного радионуклида ^{226}Ra во всех образцах почв составил 7.0–25.9 Бк/кг ($\Delta X = 17.9$ Бк/кг, $\sigma = 7.6$ Бк/кг). Диапазон определяется содержанием радионуклида в современных образцах ($\sigma = 8.1$ Бк/кг) (рис. 1). Диапазон активности образцов почв 1934 и 1964 гг. варьирует в более узких пределах (17.2–23.4 Бк/кг, $\Delta X = 21.2$ Бк/кг, $\sigma = 5.3$ Бк/кг). Коэффициент вариаций (V_σ), рассчитанный для генеральной совокупности данных и только для современных образцов, составил 42.2 и 48.7 %, соответственно. Для образцов 1934 и 1964 гг. он равен 25 %.

Содержание ^{226}Ra в почвообразующих породах зависит от литологического типа отложений. $R_A^{226}\text{Ra}$ в озерно-ледниковых отложениях составляет 19.5–25.9 Бк/кг ($\Delta X = 23.0$ Бк/кг, $\sigma = 5.6$ Бк/кг), водно-ледниковых – 14.5–22.5 Бк/кг ($\Delta X = 18.5$ Бк/кг, $\sigma = 7.7$ Бк/кг) и аллювиальных – 8.7 Бк/кг (рис. 1). Образцы почвообразующих пород, отобранные из монолитов почв 1934 и 1964 гг. (разр. 2116 и 1560), имели диапазон R_A 19.5–23.4 Бк/кг ($\Delta X = 22.3$ Бк/кг, $\sigma = 5.7$ Бк/кг). Коэффициент вариаций, рассчитанный для всей совокупности данных по почвообразующим породам и для каждого типа пород в отдельности, только для водно-ледниковых отложений был более 40 %.

Образцы из гумусовых горизонтов всех почв характеризуются широким диапазоном активности ^{226}Ra : от 12.4 до 24.0 Бк/кг ($\Delta X = 19.3$ Бк/кг, $\sigma = 7.1$ Бк/кг), при этом R_A образцов гумусовых горизонтов почв, отобранных в 1934 и 1964 гг., характеризуются более узким диапазоном (17.2–22.5 Бк/кг, $\Delta X = 19.5$ Бк/кг, $\sigma = 5.1$ Бк/кг). Органогенные горизонты имеют минимальную активность радионуклида – 7–9 Бк/кг. Коэффициент вариаций для гумусовых горизонтов в случае фоновых образцов не превысил 30 %.

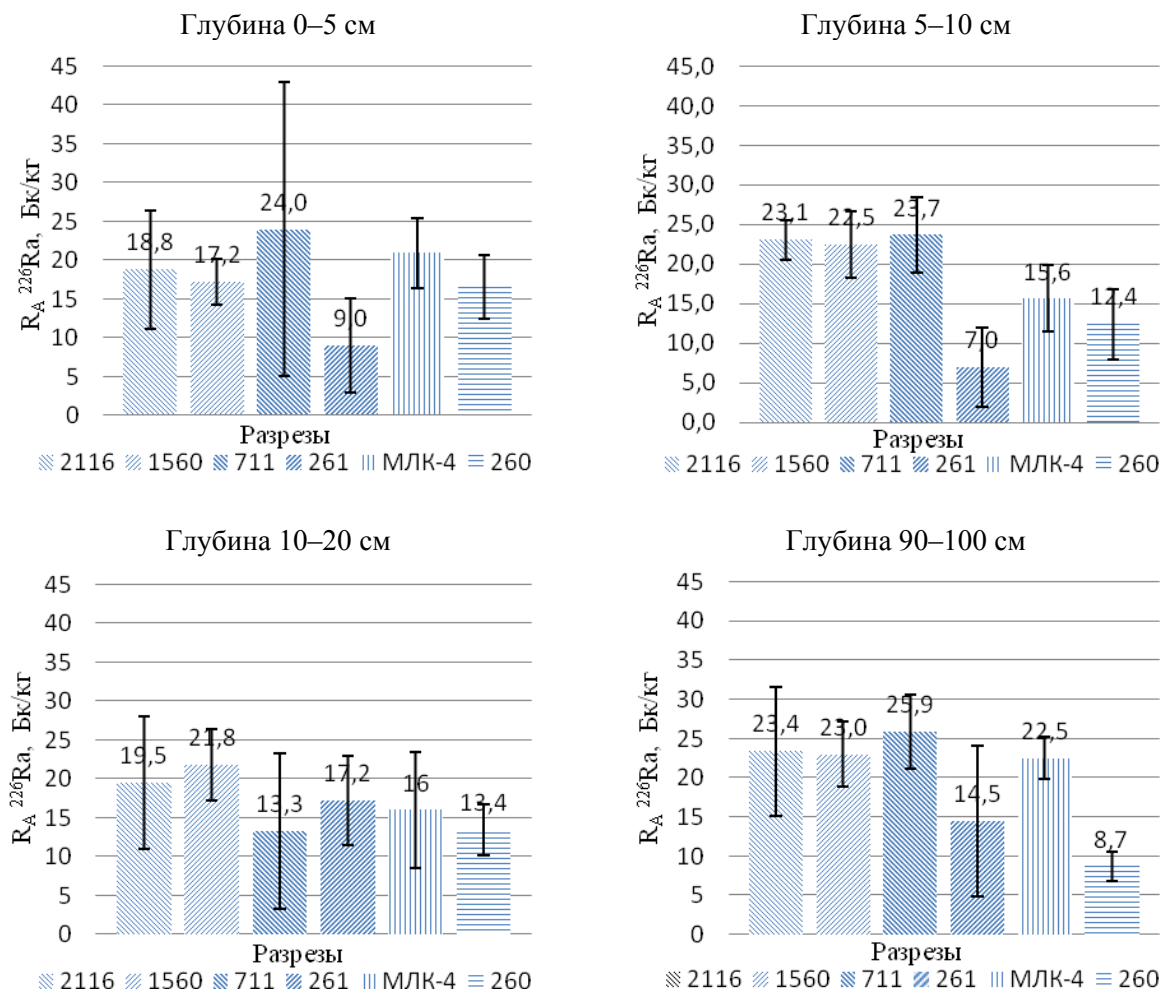


Рисунок 1. Удельная активность ^{226}Ra в исследуемых образцах почв по профилю.

Расчет корреляции между активностью ^{226}Ra и исследованными свойствами почв показал наличие прямой взаимосвязи с содержанием фракций физической глины, ила и мелкой пыли, а также с фракциями крупной и средней пыли и $\text{pH}_{\text{водн}}$. Обратная взаимосвязь наблюдалась с содержанием гумуса и фракциями крупного и мелкого песка.

Торий-232. Диапазон содержания ^{232}Th во всех образцах (рис. 2) составляет 10–60.8 Бк/кг ($\Delta X = 29.8$ Бк/кг, $\sigma = 15.0$ Бк/кг). В современных образцах почв диапазон активности тория составил 10–56.4 Бк/кг ($\Delta X = 24.2$ Бк/кг, $\sigma = 12.9$ Бк/кг). Диапазон R_A фоновых образцов почв несколько уже, чем в современных – 25.3–60.8 Бк/кг ($\Delta X = 41.0$ Бк/кг, $\sigma = 11.5$ Бк/кг). Коэффициент вариаций только для фоновых образцов был меньше 30 %.

R_A ^{232}Th в озерно-ледниковых почвообразующих породах варьирует в пределах от 27.7 до 60.8 Бк/кг ($\Delta X = 47.3$ Бк/кг, $\sigma = 12.7$ Бк/кг), водно-ледниковых – 27.6–41.5 Бк/кг ($\Delta X = 34.6$ Бк/кг, $\sigma = 8.5$ Бк/кг), а аллювиальных – 11.7 Бк/кг (рис. 2). Образцы почвообразующих пород 1934 и 1964 гг. сроков отбора, имеют диапазон R_A – 27.7–60.8 Бк/кг ($\Delta X = 45.1$ Бк/кг, $\sigma = 13.2$ Бк/кг). Расчет коэффициента вариаций не выявил неоднородности в содержании ^{232}Th для образцов разных типов почвообразующих пород, в то время как,

для всей совокупности данных и современных образцов почвообразующей породы в отдельности V_{σ} превысил 40 %.

Содержание ^{232}Th в гумусовых горизонтах варьирует в более узком диапазоне, по сравнению с почвообразующими породами: 15.0–43.4 Бк/кг ($\Delta X = 27.9$ Бк/кг, $\sigma = 10.8$ Бк/кг). Как и для ^{226}Ra , органогенные горизонты характеризуются минимальной R_A ^{232}Th (10–11 Бк/кг). Для фоновых образцов из гумусовых горизонтов коэффициент вариаций не превысил 30 %.

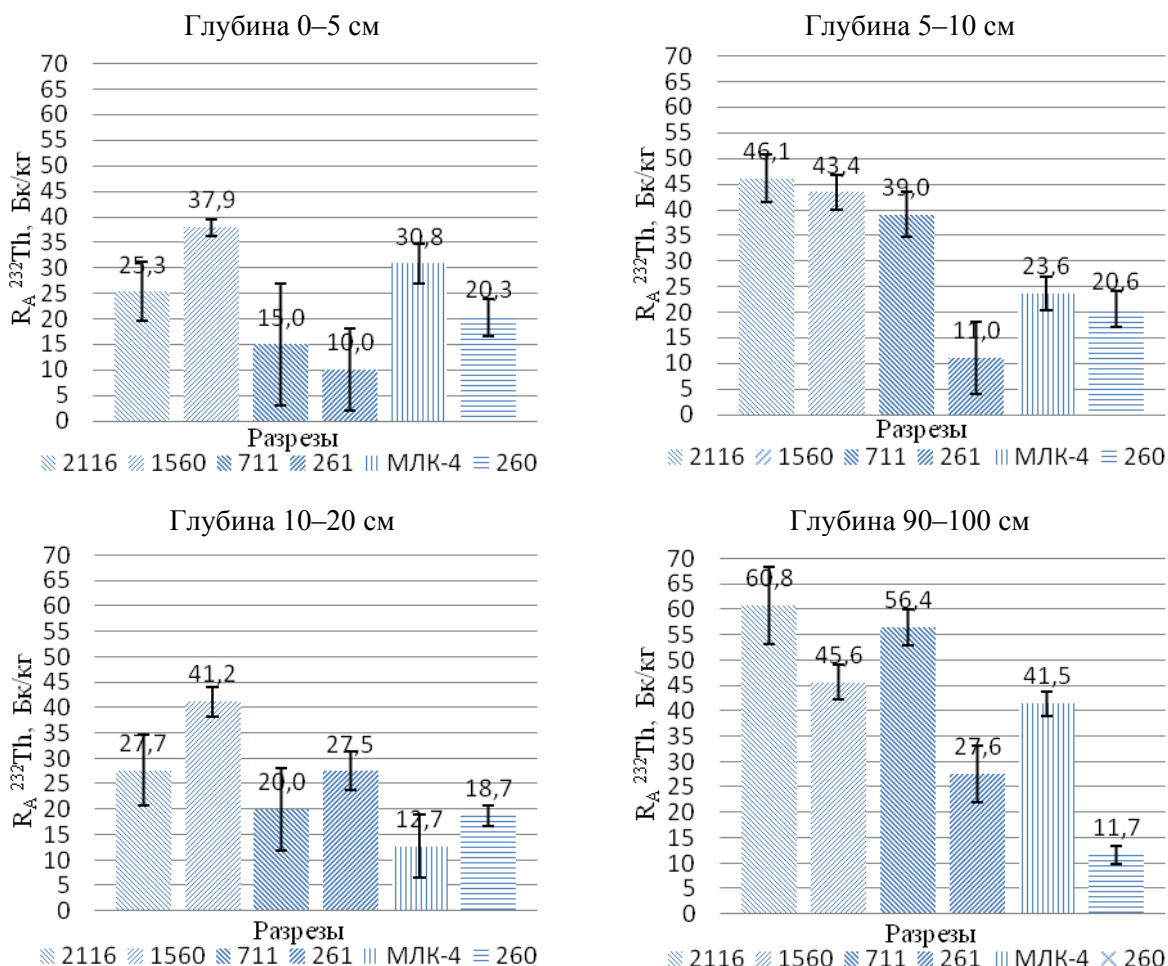


Рисунок 2. Удельная активность ^{232}Th в исследуемых образцах почв по профилю.

Существенные прямые корреляционные взаимосвязи содержания ^{232}Th выявлены с $\text{pH}_{\text{водн}}$, с фракциями физической глины, ила и пыли, а обратная взаимосвязь – с фракцией песка.

Калий-40. Диапазон содержания ^{40}K во всех исследуемых образцах (рис. 3) варьирует в очень широких границах 50–1043 Бк/кг ($\Delta X = 625$ Бк/кг, $\sigma = 270$ Бк/кг). В фоновых образцах почв диапазон активности ^{40}K – 416–1043 Бк/кг ($\Delta X = 742$ Бк/кг, $\sigma = 232$ Бк/кг), а в современных образцах диапазон активности ^{40}K составил – 50–956 Бк/кг ($\Delta X = 570$ Бк/кг, $\sigma = 271$ Бк/кг). Коэффициент вариаций для фоновых почв не превышает 31 %, тогда как для генеральной совокупности и современных образцов в отдельности он более 40 %.

Содержание ^{40}K в озерно-ледниковых почвообразующих породах варьирует в пределах 464–1043 Бк/кг ($\Delta X = 826$ Бк/кг, $\sigma = 240$ Бк/кг), водно-ледниковых – 417–688 Бк/кг ($\Delta X = 552$ Бк/кг, $\sigma = 181$ Бк/кг), а аллювиальных составляет 550 Бк/кг. Образцы почвообразующих пород 1934 и 1964 гг. сроков отбора, имеют диапазон R_A 464 – 1043 Бк/кг ($\Delta X = 789.5$ Бк/кг, $\sigma = 256$ Бк/кг). Коэффициент вариаций не выявил неоднородности в содержании радионуклида для разных типов почвообразующих пород, тогда как для всей совокупности и современных образцов почвообразующей породы в отдельности V_{σ} превысил 40 %.

Гумусовые горизонты имеют очень широкий диапазон активности ^{40}K (416–852 Бк/кг, $\Delta X = 666$ Бк/кг, $\sigma = 186$ Бк/кг). Как и в случае ^{226}Ra и ^{232}Th , выделяются торфяной и перегнойный горизонты, в которых наблюдается минимальная активность радионуклида – 50–55 Бк/кг. Коэффициент вариаций для гумусовых горизонтов во всех случаях превысил 30 %.

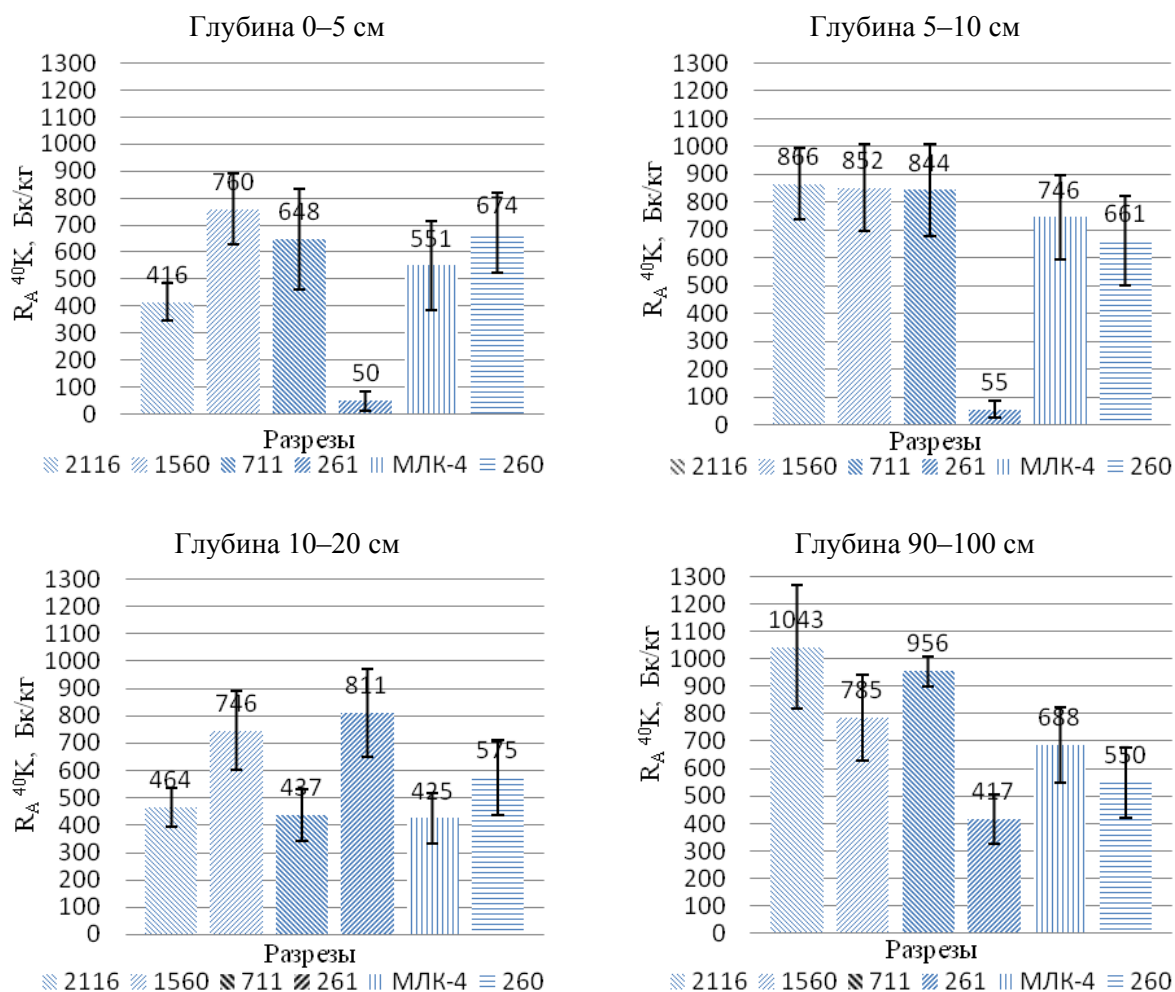


Рисунок 3. Удельная активность ^{40}K в исследуемых образцах почв по профилю.

Прямые корреляционные взаимосвязи содержания ^{40}K были выявлены с фракциями физической глины, ила и пыли, а обратная взаимосвязь только с содержанием гумуса.

Цезий-137. Искусственный радионуклид ^{137}Cs был обнаружен только в слое 0 – 20 см современных образцов почв 1996, 2004 и 2009 гг. сроков отбора (рис. 4). Диапазон его содержания варьирует в очень широких пределах: 20–290 Бк/кг ($\Delta X = 64.8$ Бк/кг, $\sigma = 85.7$ Бк/кг). Максимальное накопление ^{137}Cs наблюдается в верхнем слое (0–5 см), ниже его содержание резко уменьшается. Высокое содержание в верхних 5 см зафиксировано в двух почвах: разр. 261 – торфяно-перегнойно-элювозем (290 Бк/кг) и разр. МЛК-4 – дерново-подзолистая (93.6 Бк/кг). В остальных почвах удельная активность ^{137}Cs не превышает 49 Бк/кг.

По характеру распределения ^{137}Cs можно выделить аллювиальную серогумусовую почву (разр. 260). Наибольшее содержание техногенного цезия в этой почве приходится не на верхние 0–5 см, как в других почвах, а на глубины 5–10 см и даже 10–20 см. Вероятно, это вызвано спецификой условий формирования аллювиальных почв в поймах рек. Почвы периодически затопляются паводковыми водами. В результате на поверхность почв поступает новый минеральный материал, который может в себе уже содержать техногенный цезий.

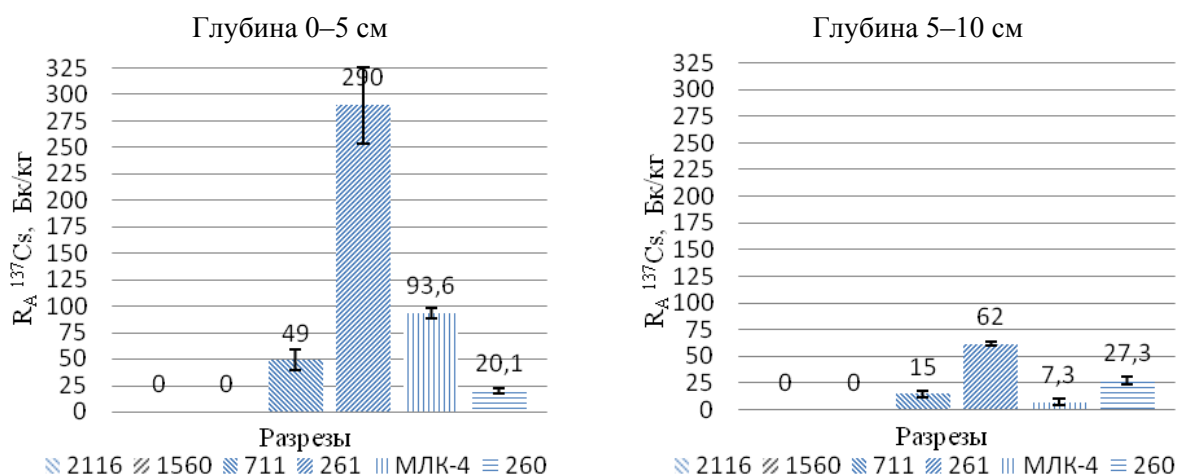


Рисунок 4. Удельная активность ^{137}Cs в исследуемых образцах почв по профилю.

Прямая корреляционная взаимосвязь содержания ^{137}Cs выявлена только с содержанием гумуса, обратная – со всеми фракциями гранулометрического состава, но наиболее сильно она проявилась в случае фракций песка и крупной пыли. Взаимосвязь с pH не обнаружена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые установлены:

1) фоновые содержания естественных радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K) в образцах почв 1934 и 1964 г. сроков отбора:

- ^{226}Ra : $\Delta X = 21.2$ Бк/кг, $R_A = 17.2\text{--}23.4$ Бк/кг, $\sigma = 5.3$ Бк/кг;
- ^{232}Th : $\Delta X = 41.0$ Бк/кг, $R_A = 25.3\text{--}60.8$ Бк/кг, $\sigma = 11.5$ Бк/кг;
- ^{40}K : $\Delta X = 742$ Бк/кг, $R_A = 416\text{--}1043$ Бк/кг, $\sigma = 232$ Бк/кг;

2) содержание радионуклидов в почвообразующих породах в образцах почв 1934 и 1964 гг. сроков отбора:

- ^{226}Ra : $\Delta X = 22.3$ Бк/кг, $R_A = 9.5\text{--}23.4$ Бк/кг, $\sigma = 5.7$ Бк/кг;
- ^{232}Th : $\Delta X = 45.1$ Бк/кг, $R_A = 27.7\text{--}60.8$ Бк/кг, $\sigma = 13.2$ Бк/кг;
- ^{40}K : $\Delta X = 789.5$ Бк/кг, $R_A = 466\text{--}1043$ Бк/кг, $\sigma = 256$ Бк/кг.

Установлены:

1) содержание радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K) в современных образцах почв:

- ^{226}Ra : $\Delta X = 16.6$ Бк/кг, $R_A = 7.0\text{--}25.9$ Бк/кг, $\sigma = 7.6$ Бк/кг;
- ^{232}Th : $\Delta X = 24.2$ Бк/кг, $R_A = 10.0\text{--}56.4$ Бк/кг, $\sigma = 12.9$ Бк/кг;
- ^{40}K : $\Delta X = 570$ Бк/кг, $R_A = 50\text{--}956$ Бк/кг, $\sigma = 271$ Бк/кг.

2) содержание радионуклидов в почвообразующих породах современных образцов почв:

- ^{226}Ra : $\Delta X = 17.9$ Бк/кг, $R_A = 8.7\text{--}25.9$ Бк/кг, $\sigma = 8.5$ Бк/кг;
- ^{232}Th : $\Delta X = 34.3$ Бк/кг, $R_A = 11.7\text{--}56.4$ Бк/кг, $\sigma = 17.6$ Бк/кг;
- ^{40}K : $\Delta X = 657$ Бк/кг, $R_A = 417\text{--}956$ Бк/кг, $\sigma = 233$ Бк/кг.

Исследуемые почвообразующие породы по среднему содержанию в них естественных радионуклидов образуют последовательный ряд: озерно-ледниковые ($^{226}\text{Ra} = 23.0$ Бк/кг, $^{232}\text{Th} = 47.3$ Бк/кг, $^{40}\text{K} = 826$ Бк/кг), водно-ледниковые ($^{226}\text{Ra} = 18.5$ Бк/кг, $^{232}\text{Th} = 34.6$ Бк/кг, $^{40}\text{K} = 552$ Бк/кг) и аллювиальные отложения ($^{226}\text{Ra} = 8.7$ Бк/кг, $^{232}\text{Th} = 11.7$ Бк/кг, $^{40}\text{K} = 550$ Бк/кг).

Выявлены корреляционные взаимосвязи содержания радионуклидов:

1) с содержанием фракций физической глины, ила и мелкой пыли для естественных радионуклидов, и с фракциями песка и крупной пыли для техногенного ^{137}Cs .

2) содержание гумуса: радионуклиды ^{226}Ra и ^{40}K характеризовались средней силой связи, ^{232}Th – связь была не существенна (очень слабая), а ^{137}Cs – сильной.

3) взаимосвязь с pH проявилась только с естественными радионуклидами.

Техногенный ^{137}Cs обнаружен только в верхних слоях современных почв (0–20 см) 1996–2009 гг.: 20–290 Бк/кг ($\Delta X = 64.8$ Бк/кг, $\sigma = 85.7$ Бк/кг). Наиболее сильно загрязнены две почвы торфяно-перегнойно-элювозем (разр. 261). Наличие незначительного количества ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в органогенных горизонтах, возможно, связано с техногенным поступлением этих радионуклидов; и дерново-подзолистая (разр. МЛК-4), $R_A = 93.6$ Бк/кг.

Наличие датированной почвенной коллекции и материалов исследования почв до начала ядерных испытаний и данных по изменению свойств почв позволяют рассматривать Лисинское лесничество как полигон для мониторинга содержания радионуклидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine».* Менделеево, 2014. 27 с.
2. *Апарин Б.Ф., Бабилов Б.В., Касаткина Г.А., Сухачева Е.Ю.* Лисинское лесничество как уникальный полигон почвенно-экологического мониторинга / Бюллетень Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. 2016. Вып. 83, стр. 140–157.
3. *Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А., Матинян Н.Н., Сухачева Е.Ю.* Красная книга почв Ленинградской области. Отв. ред. Б.Ф. Апарин / СПб: Аэроплан, 2007. – 320 с., рус., англ.
4. *Барсуков А.О., Языкеев Д.В.* Горизонтальная и вертикальная миграция ^{40}K , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{241}Am на обрабатываемых склоновых агроландшафтах Пензенской области различной степени крутизны / Известия Пензенского гос. педагогического ун-та им. В.Г. Белинского. № 29, 2012. С. 369–374.
5. *Бураева Е.А., Малышевский В.С., Вардуни Т.В., Шиманский Е.И., Триболина А.Н., Гончаренко А.А., Гончарова Л.Ю., Тоцкая В.С., Нефедов В.С.* Содержание и распределение естественных радионуклидов в различных типах почвы Ростовской области / современные проблемы науки и образования. № 4. 2013. С. 1–9.
6. *Воробьева Л.А.* (ред.) Теория и практика химического анализа почв. Монография. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с., ил.
7. *Классификация и диагностика почв России* / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
8. *Мингареева Е.В.* Использование коллекции монолитов для изучения естественного радиационного фона почв России / Материалы Межд. науч. конф. XVI Докучаевские молодежные чтения «Законы почвоведения: новые вызовы». 2013. С.195–198.
9. *Перволоцкий А.Н., Перволюцкая Т.В.* О содержании ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th в лесных почвах республики Беларусь / Радиационная биология. Радиоэкология, 2014, том 54, № 2, с.193–200.
10. *Попов А.И., Игамбердиев В.М., Алексеев Ю.В.* Статистическая обработка экспериментальных данных. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2009. – 50 с.
11. *Растворова О.Г.* Физика почв (Практическое руководство). Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. 196 с.
12. *Роде А.А.* Материалы к изучению почвенного покрова Лисинского учебного леспромхоза. Природа и хозяйство учебных леспромхозов лесотехнической академии. В. III. М., 1931. С. 94–162.
13. *Силантьев А.Н., Шкуратова И.Г., Бобовникова Ц.И.* Вертикальная миграция в почвах радионуклидов, выпавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС // Атомная энергия, 1989, т.66, № 3, с. 194–197.

14. Forsberg S., Rosen A., Fernandez V., Juhan H. Migration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in undisturbed soil profiles under controlled and close-to-real conditions / Journal of Environmental Radioactivity 50 (2000). P. 235–252.
15. Gomes M.E.P., Martins L.M.O., Neves L.J.P.F., Pereira A.J.C.S. Natural radiation and geochemical data for rocks and soils, in the North International Duoro Cliffs (NE Portugal) / Journal of Geochemical Exploration, 130 (2013). p. 60–64.
16. Mingareeva E., Lasareva M. Using a collection of soil monoliths for the study of natural radiation of soils in Russia / The materials of The 20th World of Soil Science. Jeju, Korea. 2014. P1–12.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. Б.Ф. Апариним.

УДК 631.4, 001.92

ВИРТУАЛЬНОЕ ПОЧВЕННОЕ ПРОСТРАНСТВО

Т.К. Мусаев

Санкт-Петербургский государственный университет

В статье рассматриваются различные интернет-платформы, которые используются почвоведом для просветительской деятельности в разных странах. Выявлены основные функции и характерные особенности их использования.

Генеральная Ассамблея ООН объявила 2015 год Международным годом почв (МГП). Генеральный директор ФАО Жозе Грациану да Силва на церемонии открытия сказал: «Почвы играют важнейшую роль в мировом производстве продовольствия, однако мы не уделяем этому молчаливому союзнику достаточного внимания». Назвав почвы «практически забытым ресурсом», он призвал увеличить инвестиции в рациональное использование почвенных ресурсов и в мероприятия по повышению информированности людей о значении почв. Одна из главных целей всемирной информационной кампании МГП состояла в том, чтобы довести до сознания людей, тот факт, что без сохранения почв у человечества нет будущего и нынешнее поколение ответственно за состояние почвенных ресурсов перед следующими поколениями. Решение всех современных проблем, в том числе: продовольственной, глобального изменения климата, повышения качества жизни населения связаны с воздействием на почву. В связи с этим, необходимо повысить осведомленность людей о ключевой роли, которую играет почва в решении социальных проблем и экологической устойчивости. Эффективным способом привлечения внимания к проблемам сохранения и рационального использования почвенных ресурсов является использование современных технологий. Идея использования интернет платформ для просвещения населения в области почвоведения и формирования общественного мнения о непреходящей ценности почв в жизни людей и благополучия биосферы в целом находит все больше сторонников среди почвоведов.

Цель работы: провести анализ степени использования почвоведом разных интернет платформ для общения и просветительской деятельности.

Объектами исследования являлись популярные социальные сети: ВКонтакте, Twitter, Instagram, Facebook, Одноклассники, а также российские и зарубежные сайты.

Социальные сети являются одними из самых посещаемых ресурсов в интернете. Они позволяют авторизованным пользователям общаться друг с другом и обмениваться информацией различного характера (текстовые сообщения, фото, видео и аудио файлы) по всему миру.

На основе всех полученных результатов было проведено наглядное сравнение влияния систем удобрения на все изучаемые компоненты. По количественным значениям содержания активных компонентов гумуса и урожайности культур ниже представлены рис. 1–12 (слева представлены рисунки для озимой ржи, справа – для картофеля).

Российская сеть «ВКонтакте» достаточно часто используется почвоведомы. В ходе исследования были выявлены следующие актуальные группы: «На почве», «Веселый почвовед», «Молодежные Докучаевские чтения», «Центральный Музей Почвоведения им. В.В. Докучаева», «Я люблю почвоведение», «Факультет почвоведения, агрохимии и экологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», «Факультет почвоведения МГУ». Среди наиболее активных выделяются: «Веселый почвовед», «На почве» и «Факультет почвоведения МГУ». В этих группах поднимаются проблемные и острые вопросы почвоведения, публикуются новости, интересные факты о почвах, а также представлено множество видеороликов и фотографий, посвященных вопросам науки о почве.

Российская сеть «Facebook» практически совсем не используется российскими почвоведомы. Исключение составляют официальная группа факультета почвоведения МГУ и различные коммерческие организации, занимающиеся сбытом удобрений и рассады для садоводов.

Зарубежная сеть «Facebook» – это наиболее популярная платформа среди почвоведов. Среди крупных сообществ здесь активно выступают: «Soil Solutions», «People4Soil», «Soil Ecology Society», «Soil Association», «The Global Soil Partnership». Выдающийся пример эффективного использования платформы, показала европейская организация «People4Soil», которая инициировала петицию по охране почв. Ею было собрано 1 млн подписей, вследствие чего, комитет по охране окружающей среды одобрил резолюцию об охране и рациональному использованию почв. Все заявленные группы имеют многотысячную аудиторию, и можно сказать, что уже в значительной мере сформировано общественное мнение граждан о проблеме сохранения здоровья почв.

Социальная сеть «Twitter» используется значительно шире на западе, чем на российских просторах. Наши иностранные коллеги применяют данную платформу для общения друг с другом, постоянно делятся полезной информацией, сообщают об образовательных программах для студентов-почвоведов о различных почвенных мероприятиях. Здесь же размещены официальные страницы ВУЗов, в которых ведется подготовка почвоведов, представлены фотографии и видеоролики акций, протестов и мероприятий.

Социальная сеть «Instagram» используется российскими студентами различных ВУЗов: факультета Почвоведения, Агрохимии и Экологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, факультета Почвоведения МГУ и Института наук о Земле СПбГУ. На данной платформе размещены различные фотографии с полевых практик, учебных мероприятий и конференций. В зарубежной сети «Instagram» активность почвоведов значительно выше. В ней опубликовано больше материалов, включающих различные фотографии публичных акций, митингов, конференций, информации о различных зарубежных почвенных организациях, статистические данные о состоянии почв, лабораторных опытах, снимки почвенных разрезов, а также показаны мелиоративные мероприятия по улучшению почв.

В российской сети «Одноклассники» относительно хорошо представлены лишь группы садоводов и дачников. Там обсуждаются вопросы плодородия почв, рациональных и выгодных способов ведения хозяйства, а также реклама минеральных удобрений.

Ежедневно миллионы пользователей посещают различные сайты, которые представляют собой совокупность веб-страниц с общей тематической направленностью на определенную целевую аудиторию. Они включают в себя текстовую информацию, картинки, видео и аудио-ролики. В России и за рубежом существует множество научных центров, государственных учреждений и иных организаций, которые ведут активную популяризацию науки о почве. Все они имеют собственные интернет-сайты.

РОССИЙСКИЕ САЙТЫ

«Евразийский Центр по продовольственной безопасности» [1] – деятельность этой организации направлена на создание условий для разработки и реализации последовательной сельскохозяйственной политики, обеспечивающей сохранение плодородия почв и гарантирующей продовольственную безопасность Евразийского региона. На сайте представлен полезный раздел почвенных данных: публикации, исследования, проекты, статистические данные, бюллетени и карты. На этом портале ведется новостная лента, блог научных сотрудников и форумы. Центр активно участвует в координации и выполнении работ по обеспечению участия Российской Федерации в международном сотрудничестве по продовольственной безопасности и сельскому хозяйству.

«Почвовед.рф» [2] – блог, созданный по инициативе «Фонда сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева» с целью обсуждения актуальных проблем почвоведения, обмена новостями, популяризации почвоведения и фундаментального научного знания.

«Глобальное почвенное партнерство» [3] – этот веб-сайт доступен на русском языке и был создан в качестве платформы для расширения и укрепления партнерства, сотрудничества и согласованности усилий между всеми заинтересованными сторонами, повышения эффективности управления и рационального использования почв. Сайт предоставляет доступ к огромному количеству полезной информации, которая включает в себя: публикации, журналы, статьи, видео и мультипликацию, фотогалерею, а также ленту новостей, отчеты различных международных конференций, информацию о научных исследованиях и проектах.

«Почвенный институт имени В.В. Докучаева» [4] – государственное научное учреждение, которое ведет исследования в области общего почвоведения, методологии почвенно-агроэкологического мониторинга, рационального землепользования и рекультивации почв. На сайте представлено большое разнообразие информационных ресурсов: публикации, статьи, книги, монографии, базы данных почв, журналы открытого доступа и полевой определитель почв. На данном портале доступна интерактивная почвенная карта, где любой пользователь может ознакомиться с почвами России. Институтом был разработан сайт по классификации природных и антропогенно-преобразованных почв России, в котором представлены фундаментальные и прикладные научные знания в области генезиса и географии почв. Существует дополнительный онлайн-сервис Института, представляющий собой веб-сайт с данными о системе классификации почв «МЕРОН», классификациях почв 1977, 2004 гг., WRB и корреляции между ними.

«Почвенный музей Томского Государственного университета» [5] – веб-сайт, в котором представлены фотоизображения почвенных профилей и морфологических элементов, описание процессов, протекающих в почвах. На данном ресурсе хранится большой объем высоко качественного изображения почвенных образцов: ко всем материалам даны пояснения и географические привязки. Все это позволяет многим почвоведом самообучаться, посмотреть и даже самому описать уникальные почвы Сибири.

«Центральный Музей Почвоведения им. В.В. Докучаева» [6] – данный музей является одним из главных государственных учреждений по популяризации науки о почве. На сайте пользователи могут много узнать о создателе музея – основоположнике русского почвоведения В.В. Докучаеве, о более чем вековой истории музея, совершить виртуальную экскурсию в «Подземное царство», познакомиться с некоторыми экспонатами и получить общее представление об удивительной науке, соединившей живую и неживую материю. Любой желающий имеет возможность прийти в музей и лично ознакомиться с экспозицией, выбрав наиболее понравившуюся экскурсию.

Факультет Почвоведения МГУ [7], *Биологический институт ТГУ* [8], *Биолого-почвенный факультет ИГУ* [9], *Кафедра почвоведения и экологии почв СПбГУ* [10] – официальные сайты, на которых представлена информация о подготовке специалистов почвоведов, календарь событий и научных мероприятий, материалы по изучению почв и новости для студентов, аспирантов и научных сотрудников.

ЗАРУБЕЖНЫЕ САЙТЫ

Общество почвоведов Америки (SSSA) – прогрессивная международная организация, которая способствует передаче знаний и пропаганде науки среди широких слоев населения. Оно имеет свой сайт «Soil Science Society of America» [11] с широким спектром различной информации о свойствах почв, их влияния на жизнь общества, а также публикации научных работ и другие полезные ресурсы. На сайте имеется специальный блог о почвах, в котором рассматриваются интересные темы не только в области почвоведения, но и о природных явлениях, связанных с почвой. В разделе мультимедийной галереи любой пользователь может скачать статьи из почвенных журналов, видеоролики о почвенной фауне и фотографии почвенных разрезов. На базе этого сайта создана платформа «Soil4Kids», в которой популярным языком объясняются основы науки о почве. Любой желающий может поучаствовать в играх, викторинах и онлайн-экспериментах, связанных с почвой. Например: эксперимент с определением цвета и гранулометрического состава почвы. В разделе «Ask a science» пользователь может задать вопрос почвоведу через контактные данные. «Soil4Teacher» – это дополнительная платформа для преподавателей. На этом ресурсе публикуются новости, научные статьи, а также учебно-методические комплексы для учащихся в школах и другая полезная информация. В социальных сетях доступна страница в Facebook и Twitter, где публикуются новости, фотографии и видео, календарь последующих событий и многое другое. На данных площадках можно подписаться на оповещения о новостях, оставить свой комментарий или поделиться этой информацией с другими пользователями.

Общество почвоведов Канады (CSSS) – является неправительственной организацией, нацеленной на развитие почвоведения в Канаде и повышение его роли в будущем. На сайте «Canadian Society of Soil Science» [12] содержится большой объем полезных ресурсов. Здесь представлена информация о канадской классификации почв, почвенная карта Канады, методика для анализа лесных почв, а также руководство по лабораторным исследованиям. Данная организация хочет создать новую цифровую почвенную карту всего Земного шара в высококачественном разрешении, используя новейшие технологии для картирования почв и прогноза их свойств. Программа призвана помочь в решении ряда глобальных проблем, таких как производство продуктов питания и искоренение голода, изменение климата и возрастающей деградации почв.

Великолепный пример пропаганды почвоведения демонстрирует Университет Британской Колумбии в Канаде во главе с доктором Майей Кшичем. Они разработали целый комплекс виртуального контента. На сайте (*VSSLR*) [13] представлены различные учебные веб-ресурсы и онлайн-курсы.

«*Soil4Youth*» рассказывает о различных канадских исследовательских проектах, которые касаются широкого спектра воздействий землепользования на почву и иллюстрируют карьерные пути почвоведов.

«*Vancouver Soil Map*» – это веб-инструмент, который предоставляет уникальные возможности обучения по темам почвообразования, городского сельского хозяйства и формирования различных типов почв в городских условиях.

«*BC Soil Web Collaborative*» – программа курса сетевого и профессионального развития студентов и специалистов в области почвоведения в Британской Колумбии.

«*Soil Web 200*» – это образовательный онлайн-инструмент, который предоставляет студентам интерактивную, графическую, видео и текстовую информацию, чтобы помочь им понять фундаментальные концепции почвенной науки.

«*It's alive*» – этот веб-ресурс иллюстрирует структуру биологического разнообразия живых организмов в почвах.

«*Soil order of Canada*» – виртуальный учебный ресурс по идентификации и классификации почв, основанный на системе классификации почв Канады. Ресурс состоит из 10 видеороликов, которые иллюстрируют свойства различных почв, сопровождаемые демонстрациями и описанием методов их идентификации.

«*The Soil Monolith Collection at UBC*» – веб-инструмент, представляющий коллекцию из 197 почвенных монолитов, хранящуюся в Университете Британской Колумбии (UBC).

«*Land-Use Impacts on Soil Quality*» – это веб-ресурс, который помогает понять как физические и химические процессы отражаются на биоразнообразии почв в лесных экосистемах.

«*Virtual Soil Processes*» или «*Как образуется почва?*» Это учебный ресурс в виде интерактивной карты, рассказывающий о генезисе почв, процессах выветривания материнских пород и покровных отложений.

«*SOILx*» представляет собой интерактивную платформу, которая предоставляет информацию о почвенном покрове и георасположении разных типов почв в Канаде. Эта платформа предназначена для настольных и мобильных устройств и позволяет пользователям находить, а также изучать почвы Канады с помощью своих смартфонов или планшетов с поддержкой GPS.

«*ISRIC*» [14] – международный справочно-информационный центр, призванный служить международному сообществу в качестве хранителя глобальной информации о почвах. Он базируется в кампусе Университета Вагенингена (Нидерланды) и исследований (WUR) и является поставщиком услуг для международных научных и политических сообществ, а также частного сектора, занимающихся вопросами производства продуктов питания, управления земельными и водными ресурсами, планирования землепользованием, изменения климата, качества окружающей среды и биоразнообразия. На сайте пользователю открыт широкий спектр научно-популярных материалов по исследованию почв и обзор почвенных ресурсов. Также представлена центральная база данных ISRIC с информацией о почвах из более чем 100 000 почвенных профилей по всему миру. Пользователи могут скачать мобильное приложение «*SoilInfo*» для доступа и обмена открытыми данными о почвах (доступно только на Западе). Предоставлен доступ в самую большую почвенную библиотеку в мире, так как ISRIC предоставляет онлайн-доступ к 8000 оцифрованным картам и 15 000 отчетов и книг. Эта организация является официальным представителем «*World Soil Museum*» [15] – международного музея почвоведения в Нидерландах. На сайте музея любой пользователь может пройти виртуальный тур по экспозициям и узнать о разнообразии и значимости почв мира.

Британское общество почвоведов (BSSS) [16] – это международная и благотворительная организация, занимающаяся изучением почв в самых широких аспектах. Общество выступает в качестве форума для обмена идеями и служит основой для представления мнений почвоведов другим организациям и органам, принимающим решения. Руководители кампании способствуют исследованиям, организуя несколько конференций каждый год и публикуя два своих научных журнала: «Европейский журнал почвоведения» и «Использование и управление почвой». Данное общество регулярно проводит различные научные конференции по широкому кругу вопросов, связанных с почвой. Это позволяет лучше понять роль почв в биосфере и сформировать представление о том, как они образуются и как варьируют в разных ландшафтах. На сайте можно найти курсы по почвоведению для взрослых и детей. В разделе «Образование» представлена информация о том, чем занимается почвоведение, кто такой почвовед, какие процессы протекают в почве и как она влияет на природные явления и человечество в целом. В разделе «Студент» можно найти множество полезного материала по изучению почв, посмотреть видеоролики, узнать о грантах и конкурсах, связаться с научным сотрудником и поучаствовать в студенческом форуме, подав соответствующую заявку. В разделе новостей публикуется актуальная информация о предстоящих мероприятиях и другие полезные сведения. В социальных сетях доступна страница в Facebook и Twitter, где содержится много новостей, фотографии и прочая информация. Общество также имеет свой Youtube канал, на котором выкладывают короткие видеоролики и даже полноценные фильмы, раскрывающие интересные факты о почвах. На данных площадках можно подписаться на оповещения о новостях, оставить свой комментарий или обменяться информацией с другими пользователями.

Общество почвоведов Австралии (SSA) [17] – на своем сайте предоставляет доступ к огромному количеству информации о почвах: тематические исследования, статьи, документы и книги, написанные экспертами в различных областях почвоведения, доступ к научно-популярным журналам и информационным бюллетеням. В разделе «Recent» представлена информация о стипендиях, ссылки на публикации и большой блок образовательных ресурсов для школьников, студентов и учителей, а также аудиозаписи, видеоролики и вебинары, помогающие обучаться дистанционно. В качестве дополнительной информации в меню сайта представлены материалы почвенных конференций, семинаров и лекций. В социальных сетях доступна страница в Facebook и Twitter, где можно быть в курсе последних новостей, получать фотографии и видео. Любой пользователь может подписаться на оповещения о новостях, оставить свой комментарий или поделиться этой информацией с другими пользователями.

Международный союз наук о почве (IUSS) [18] – это глобальный профессиональный союз почвоведов. Задачи организации заключаются в том, чтобы продвигать все отрасли почвоведения, а также оказывать поддержку почвоведом в осуществлении их деятельности. На этом веб-сайте представлена информация о предстоящих почвенных конференциях в мировом сообществе. В разделе «Работы» можно ознакомиться с огромным ресурсом по изучению почв (журналы, статьи и другая информация). Для удобства, у них есть социальная страница в Facebook, где можно также быть в курсе последних новостей или напрямую связаться с модератором страницы.

«Soil Association» [19] – является ведущей британской благотворительной организацией по вопросам здорового, гуманного и устойчивого питания, сельского хозяйства, землепользования, окружающей среды и благополучия животных. Эта ассоциация поддерживает инновации в сельском хозяйстве, осуществляя их через такие программы, как «Innovative Farmers», «Future Growers» и «Future Farming Scotland», которые дают фермерам и производителям знания и навыки сельскохозяйственной деятельности для обеспечения здоровой пищей население Британии. Soil Association поддерживает более 2000 клиентов лесного хозяйства, защищая 13.8 миллионов гектаров леса, растения и животных во всем мире. На сайте пользователи могут ознакомиться со стратегической программой развития организации, сертификатами и даже стать членом этой почвенной ассоциации. В разделе новостей представлены фильмы, статьи из журналов, информационные новости в сфере экологии, политики, сельского хозяйства, фермерства и науки о почве. Для социальных сетей доступна страница в Facebook и Twitter. На данных площадках публикуются интересные новости, видео и картинки, также обсуждаются актуальные вопросы почвоведения, сельского хозяйства, качества продуктов питания и экологии в мире.

Анализ проведенного исследования по различным онлайн-ресурсам показывает, что в зарубежных странах почвоведение имеет более широкую популярность, чем в России. Именно поэтому необходимо предпринять более активные меры в рамках популяризации нашей уникальной науки. Большим шагом в этом деле может стать создание единого информационного почвенного пространства (ЕИПП), которое объединит друг с другом различные интернет-платформы. Интернет пространство – это бесценное хранилище полезной информации, знаний и человеческого опыта. Использование ЕИПП поможет реализовать творческий потенциал ученых, преподавателей, студентов и аспирантов, получить знания, поделиться опытом и информировать население об экосистемных услугах (функциях) почв и необходимости их защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Евразийский центр* по продовольственной безопасности URL: <http://ecfs.msu.ru/ru> (дата обращения: 09.10.2017).
2. *Почвовед.рф*. URL: Почвовед.рф (дата обращения: 09.10.2017).
3. *Глобальное почвенное партнерство* // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций URL: <http://www.fao.org/global-soil-partnership/ru> (дата обращения: 05.10.2017).

4. *Почвенный институт* имени В.В. Докучаева URL: <http://esoil.ru> (дата обращения: 15.10.2017).
5. *Почвенный музей* Томского Государственного университета URL: <http://www.photosoil.ru/> (дата обращения: 18.10.2017).
6. *Центральный Музей Почвоведения* им. В.В. Докучаева URL: музей-почвоведения.рф (дата обращения: 08.10.2017).
7. *Факультет почвоведения МГУ* имени М.В. Ломоносова URL: <http://soil.msu.ru> (дата обращения: 08.10.2017).
8. *Биологический институт* Томского государственного университета URL: <http://bio.tsu.ru/> (дата обращения: 03.10.2017).
9. *Иркутский государственный университет*. Биолого-почвенный факультет URL: <http://biosoil.isu.ru/ru/index.html> (дата обращения: 12.10.2017).
10. *Кафедра почвоведения и экологии почв* URL: <http://soil.spbu.ru> (дата обращения: 12.10.2017).
11. *Soil Science Society of America*. URL: <https://www.soils.org> (дата обращения: 01.10.2017).
12. *Canadian Society of Soil Science*. URL: <http://www.csss.ca/> (дата обращения: 01.10.2017).
13. *Virtual Soil Science Learning Resources*. URL: <http://soilweb.ca> (дата обращения: 05.10.2017).
14. *World Soil Information*. URL: <http://www.isric.org> (дата обращения: 09.10.2017).
15. *World Soil Museum*. URL: <http://wsm.isric.org> (дата обращения: 09.10.2017).
16. *British Society of Soil Science*. URL: <http://www.soils.org.uk> (дата обращения: 07.10.2017).
17. *Soil Science Australia*. URL: <http://www.soilscienceaustralia.org> (дата обращения: 11.10.2017).
18. *The International Union of Soil Sciences*. URL: <http://www.iuss.org> (дата обращения: 14.10.2017).
19. *Soil Assosiation*. URL: <https://www.soilassociation.org> (дата обращения: 15.10.2017).

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

УДК 502.57

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)

С.С. Огородников

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

В статье рассматривается реализация концепции устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2020 года. Предложены оригинальные методы оценки устойчивого развития. Приведена оценка почвенно-экологического и социально-экономического состояния Тульской области в разрезе муниципальных образований.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на всех уровнях государственного управления большое внимание уделяется обеспечению устойчивого развития сельских территорий. Первый документ, посвященный устойчивому развитию России – Указ Президента России «О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», появился более двадцати лет назад.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ проект № 14-38-00023.

© С.С. Огородников, 2017

Сегодня государство стремится обеспечить устойчивое развитие сельских территорий. Для реализации этой задачи в 2010 году была утверждена «Концепция устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2020 года», а в 2013 году федеральная целевая программа «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 годы и на период до 2020 года».

На основе этих документов региональные власти и администрации муниципальных образований разработали свои собственные программы действий. Так в Тульской области в 2011 году была принята долгосрочная целевая программа «Устойчивое развитие сельских территорий Тульской области...», а в 2013 году подпрограмма «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 годы и на период до 2020 года».

Но, если на федеральном уровне зафиксирована необходимость рационального использования земель, хотя на первое место ставится экономическое развитие, то на региональном уровне предусмотрены, лишь меры социально-экономического развития. Однако такое развитие невозможно без учета имеющихся природных ресурсов и оценки состояния почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Цель работы: провести анализ сложившейся почвенно-экологической и социально-экономической ситуации на сельских территориях Тульской области с позиции поддержания благоприятной окружающей среды и их устойчивого развития.

Объект исследования – земли и социально-экономическая обстановка на территории Тульской области.

В работе применялись методы анализа и синтеза, картографический, ГИС технологий, сравнительно-географический, интегральной оценки.

Контроль над плодородием почв в Тульской области осуществляет Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Тульский». Данные проведенных им обследований представлены в «Докладе о состоянии и использовании земель в Тульской области в 2015 году». [2]

Для выполнения анализов из пахотного слоя (0–25 см) отбирались объединенные почвенные пробы, состоящие из 20–40 точечных проб с площади 20 га. В объединенных пробах определялись следующие показатели: органическое вещество по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-93); подвижные соединения фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91); pH солевой вытяжки методом ЦИНАО (ГОСТ 26483-85).

В табл. 1 приводится агрохимическая характеристика пахотных почв Тульской области.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почв пашни и залежей Тульской области (средневзвешенные значения).

P_2O_5 , мг/кг	K_2O , мг/кг	pH	Гумус, %
130.5	133.3	5.3	4.8

Для оценки состояния почв использовались подходы, содержащиеся в «Методике определения размеров ущерба от деградации почв и земель»[3]. Средневзвешенные значения показателей по районам сравнивались со средней обеспеченностью по области. В зависимости от того, на сколько процентов различаются эти значения, делался вывод о деградации почв.

По содержанию гумуса наблюдалось зональное распределение. По содержанию подвижного фосфора ко второй степени деградации (104.4–117.5 мг/кг) относятся Дубенский и Щекинский районы, к третьей степени деградации (78.3–104.4 мг/кг) относятся территории Арсеньевского, Веневского и Одоевского районов.

По содержанию обменного калия ко второй степени деградации (120.0–133.3 мг/кг) относятся территории Арсеньевского, Веневского, Одоевского и Чернского районов, а к

третьей степени деградации (80.0–106.6 мг/кг) территории Белёвского, Суворовского и Одоевского районов. По значениям pH деградации не выявлено. На основе данных результатов была сделана интегральная карта оценки почв, представленная на рис. 1.

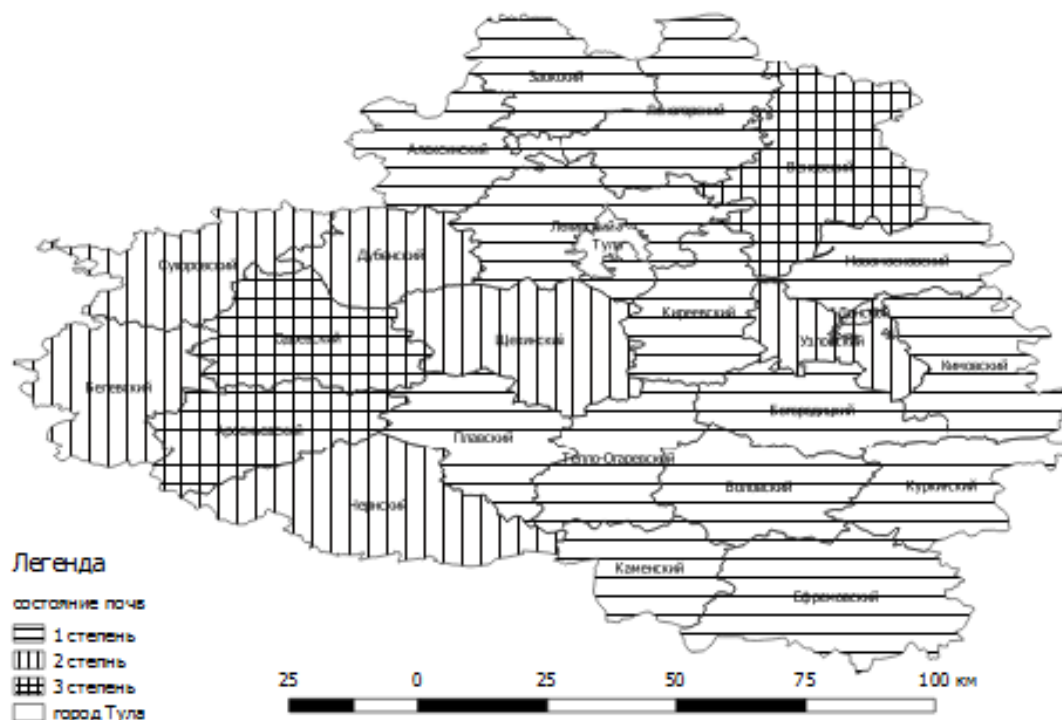


Рисунок 1. Оценка почвенно-экологического состояния Тульской области по степеням деградации почв.

Также была предпринята попытка оценить социально-экономическое состояние сельских территорий Тульской области. Для проведения оценки были взяты показатели из базы данных муниципальных образований и статистических справочников.

Использовались статистические данные за 2013 год, поскольку более поздние разрознены и их невозможно собрать для всех районов исследуемых областей. Так как исследовались исключительно сельские территории статистика по городским округам, городам и поселкам городского типа не учитывалась.

Группировка показателей проводилась на основе принципов, описанных в работах Н.А. Виноградовой и А.А. Сидорова [1, 5]. Оригинальная методика, представленная в работе, апробировалась на экономических конференциях [4].

Были выбраны 10 индикаторов, которые довольно часто встречаются в различных методиках, и, на наш взгляд, отражают устойчивое социально-экономическое развитие муниципальных образований.

Таблица 2. Группировка индикаторов оценки муниципального образования.

Индикаторы	Группы индикаторов	Интегральный показатель
Плотность населения, чел./га	Население	Единый интегральный 5-и балльный показатель, каждый блок вносит в общую оценку 1 балл (блоки равнозначны)
Естественная убыль, промилле		
Число школ на га	Образование	
Число учащихся на одну школу		
Ввод в действие жилых домов, м ²	Инфраструктура	
Не газифицированные поселения, ед.		
Заработная плата, руб.	Экономика	
Доходы муниципального бюджета		
Медучреждений на га	Образование и здравоохранение	
Медперсонала на учреждение		

Представленные в табл. 2 индикаторы группируются в 5 групп. Для проведения группировки определяется среднее значение 2-х индикаторов относящихся к той или иной группе. Соответственно каждая группа индикаторов оценивается значением от 0 до 1. Группы индикаторов считаются равнозначными. Интегральный показатель определяется как сумма оценок групп индикаторов и может лежать в пределах от 0 до 5.

На рис. 2 приведена картограмма, характеризующая социально-экономическое состояние Тульской области.

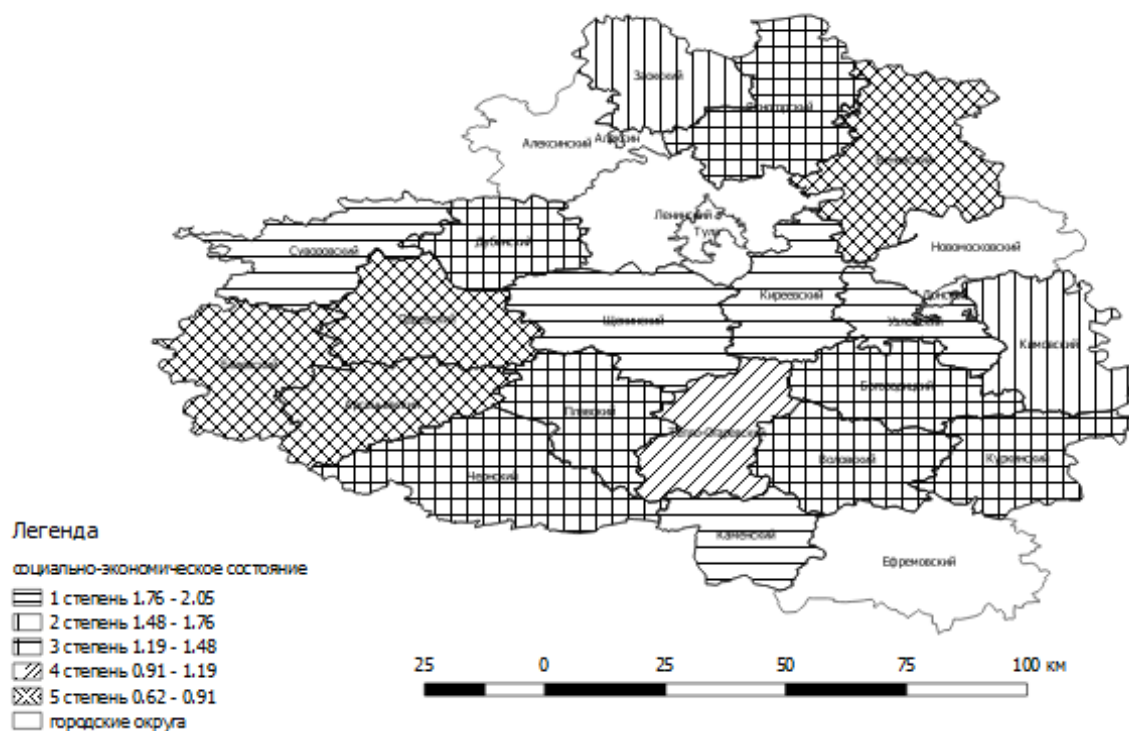


Рисунок 2. Оценка социально-экономического состояния Тульской области на основе интегрального показателя (градация степеней определена методом наглядных интервалов в программе Qgis2.16.3.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Анализ карты состояния почв, позволяет заключить, что основная территория области характеризуется первой степенью деградации почв. А районы со второй и третьей степенями деградации сосредоточены в основном на юго-западе от Тулы.

Анализируя социально-экономическое состояние территории можно заключить, что лучшее состояние имеют районы находящиеся вблизи города Тулы и те районы, райцентры которых являются городами, а не поселками городского типа. (Несмотря на то, что при оценке учитывались только показатели сельских территорий). Отдельное внимание следует обратить на Каменский район. Он находится в группе районов с лучшим социально-экономическим состоянием, но это связано с тем, что его райцентр является селом, поэтому его социально-экономические показатели учитывались при оценке, тогда как показатели райцентров других районов (городов и посёлков городского типа не учитывались).

Анализ картограмм позволяет заключить, что на одной и той же территории благоприятное (то есть находящееся в пределах экологической нормы) состояние различных природных компонентов может сочетаться с напряженной социально-экономической обстановкой [6]. Однако из этого правила возможны и исключения. Одоевский и Арсеньевский районы характеризуются низкими значениями оценки как почвенного, так социально-экономического состояния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что если состояние почв Тульской области в целом однородно, то социально-экономическое состояние районов сильно дифференцировано. Этим и объясняется тот факт, что на разных уровнях власти для обеспечения устойчивого развития предлагаются сугубо экономические меры. Тем не менее, такие меры сами по себе не будут эффективны. Сегодня, залогом успешной жизни на селе является сельскохозяйственное производство. А оно не может быть эффективным без рационального землепользования, севооборотов и принятия мероприятий по предотвращению деградации почв. Поэтому предложенная методика, которая одновременно оценивает почвенно-экологическое и социально-экономическое состояние районов области может быть полезна представителям власти для принятия управленческих решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградова Н.А.* Система показателей мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований и организация муниципальной статистики: автореф... дис. канд. экон. наук. – Орел, 2006. – 24 с.
2. *Доклад о состоянии и использовании земель в Тульской области в 2015 году.* Режим доступа: www.rosreestr.ru/site/open-service/statistika-i-analitika/svedeniya-o-sostoyanii-i-ispolzovani-zemel/doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovani-zemel-v-tulskoy-oblasti-v-2015-godu/ (Дата обращения 25.02.2017).
3. *Методика определения* размеров ущерба от деградации почв и земель 1994 г. // СПС КонсультантПлюс.
4. *Огородников С.С.* Оценка устойчивого развития и экономической безопасности муниципальных образований (на примере Тульской области) // Стратегическое антикризисное управление: глобальные вызовы и роль государства. Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции М.: Изд-во Перо, 2016. С. 95–101.
5. *Сидоров А.А.* Методы интегральной оценки, анализа и мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований дисс. к.э.н. Томск, 2009. – 191 с.
6. *Эколого-экономическая оценка* деградации земель // А.С. Яковлев, О.А. Макаров, С.В. Киселев и др. М.: МАКС Пресс. 2016. 256 с.

Работа рекомендована д.б.н., заслуженным профессором, зав. каф. «Земельных ресурсов и оценки почв» МГУ имени М.В. Ломоносова А.С. Яковлевым.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ КРЫМА И ИХ КЛАССИФИКАЦИОННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Я.С. Ревина

Санкт-Петербургский государственный университет

В работе рассмотрены потенциальные объекты Красной книги почв Крыма, определены возможные категории их охраны, а также положение данных почв в современной классификации почв России 2004 года. На основе анализа основных почвенных характеристик определены диагностические признаки для каждой почвы и соответствующее положение в современной классификации. Возможные категории охраны почв определены с учётом изменения классификационного положения.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы значительно продвинулся процесс составления и издания региональных Красных книг почв. Так как Красные книги различных регионов формировались и издавались в разное время, охраняемые почвы в них определены и названы согласно разным классификациям. Для территории Крыма эта ситуация осложняется долгим периодом его нахождения в научном поле Украины и, соответственно, использованием украинской классификации почв параллельно с классификацией почв СССР 1977 года.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами данной работы стали почвы, предложенные как объекты Красной книги почв Крыма. Активное обсуждение этого вопроса состоялось на всероссийской конференции «Красная книга почв и её значение для охраны почвенного покрова», проходившей 20–23 октября 2015 года в посёлке Никита.

В список объектов были включены следующие почвы (приведены авторские названия):

- бурозём (различные подтипы);
- горно-луговая чернозёмовидная почва;
- коричневая бескарбонатная;
- коричневая типичная;
- коричневая красноцветная;
- лугово-чернозёмная карбонатная.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Для каждого объекта были выделены диагностические признаки, позволяющие отнести их к конкретному типу или подтипу согласно современной классификации [4].

Диагностическим горизонтом для бурозёмов согласно классификации почв СССР является метаморфический горизонт бурого или коричневатого цвета с ореховатой комковатой структурой [3]. Такой горизонт был описан автором во всех рассмотренных почвах. Согласно современной классификации носит название структурно-метаморфического. Также для бурозёмов Крымских гор характерна кислая или слабокислая реакция всего профиля, содержание гумуса в верхней части до 10–15 % и отношение $S_{гк}/C_{фк} = 0.5–0.8$. Из возможных подтипов на изучаемой территории были описаны типичные, оподзоленные и глееватые [7]. Исходя из этого, согласно классификации почв 2004 года данные почвы были включены в отдел структурно-метаморфических, а по совокупности остальных признаков к типу бурозёмов [4]. Таким образом, они не изменили своего названия, что соответствует известным представлениям о корреляции между современной классификацией почв России 2004 года и классификацией почв СССР 1977 года [9].

Характерным признаком для определения горно-луговой чернозёмовидной почвы по классификации почв СССР 1977 года является сочетание тёмно-серого с коричневатым оттенком гумусового горизонта мощностью 15–20 см с переходным прочнокомковатым горизонтом В тёмно-серого с коричневым оттенком цвета [3]. В изученных почвах для срединного горизонта характерны комковатая структура и более высокое содержание ила в сравнении с другими горизонтами, что позволяет отнести его к структурно-метаморфическому по классификации 2004 года. Гумусовый горизонт характеризуется зернисто-мелкокомковатой структурой, реакцией от слабокислой до нейтральной, содержанием гумуса 4–6 % и отношением $S_{гк}/C_{фк} = 0.8–2.0$, что позволяет отнести его к темногумусовому по современной классификации 2004 года [7, 8]. По сочетанию этих горизонтов горно-луговая чернозёмовидная почва была определена как тёмный бурозём [4]. Наличие во многих профилях первичных карбонатов позволяет отнести их к подтипу остаточно-карбонатных.

Характерное сочетание горизонтов, по которому диагностируется коричневая типичная почва – это сочетание гумусового горизонта с содержанием гумуса до 8 % и соотношением $S_{гк}/C_{фк}$ около 1, метаморфического горизонта и содержание вторичных карбонатов в нижней части профиля [2, 3, 10]. Согласно современной классификации эти горизонты могут быть диагностированы как темногумусовый, структурно-метаморфический и аккумулятивно-карбонатный. Исходя из этого и общей характеристики профиля данная почва была отнесена к коричневым типичным почвам согласно новой классификации и не изменила своего названия.

Основанием для выделения коричневой бескарбонатной почвы стало наличие метаморфического и гумусового горизонта, а также отсутствие вторичных карбонатов в нижней части профиля [10]. Согласно классификации почв России сочетание серогумусового и структурно-метаморфического горизонта характерно для типичных бурозёмов, к этой категории и была отнесена данная почва. Таким образом, она осталась в том же отделе, но полностью изменила название.

Профиль коричневой красноцветной почвы описывался как сочетание гумусового горизонта с высоким содержанием гумуса (более 5 %, $S_{гк}/C_{фк} = 0.8–1.0$), метаморфического горизонта, наличия вторичных карбонатов в его нижней части и явного красного оттенка всего профиля. Всё это позволило авторам отнести её к коричневым почвам с добавлением слова «красноцветная» [2, 7]. Крайне важным признаком данной почвы является количество и соотношение аморфного и окристаллизованного железа. Повышенное содержание железа в целом наблюдается по всему профилю до материнской породы. Содержание $Fe_{ам}$ по всей глубине профиля составляет около 125 мг/100 г, в то время как содержание $Fe_{окр}$ колеблется на уровне 1800–2800 мг/100 г. Повышенным содержанием окристаллизованного железа обусловлена характерная красноватая окраска этих почв [7]. Согласно современной классификации горизонты диагностируются как темногумусовый, структурно-метаморфический и аккумулятивно-карбонатный. Однако соответствующего подтипа с высоким содержанием окристаллизованного железа по всему профилю у коричневых почв в классификации почв России 2004 года на данный момент не существует. В данной статье им оставлено название красноцветных, но вопрос введения соответствующего индекса и названия подтипа остаётся открытым.

Лугово-чернозёмная карбонатная почва интересовала нас как возделываемая почва. Для лугово-чернозёмной карбонатной почвы главными признаками, определяющими положение в классификации почв СССР, были морфологическое строение профиля, сходное с чернозёмом в сочетании с глубинной глееватостью и сравнительно небольшой глубиной залегания грунтовых вод верховодки [5]. В то же время, наличие пахотного горизонта в профиле почвы в классификации почв СССР не учитывалось.

В новой классификации 2004 года профилю обрабатываемой луговочернозёмной почвы соответствует следующее сочетание горизонтов: агротемногумусовый, сохранившаяся часть естественного темногумусового, аккумулятивно-карбонатный и карбонатная

материнская порода [4]. По нему данная почва была диагностирована как агрочернозём, подтип – гидрометаморфизированный. Выбор подтипа обусловлен признаками гидрометаморфизма, сформировавшимися в условиях орошения при изначально полугидроморфных водных условиях (наличие конкреционных и мергелистых форм карбонатных новообразований, связанных с периодическим переувлажнением).

Кроме классификационного положения для всех почв были определены возможные категории охраны предложенных объектов Красной книги почв Крыма с учётом их распространённости. Среди изучавшихся почв оказались представители трёх категорий: основные эталоны, уникальные, почвы с высокой культурой земледелия [9, 10]. Результаты представлены в виде таблицы (табл.).

Таблица. Названия почв согласно разным классификациям и категории их охраны

Авторское название	Название почвы в классификации 1977 года	Название почвы в классификации 2004 года	Категория охраны
Бурозём слабонасыщенный, бурозём слабо оподзоленный	Горные бурые лесные почвы	Бурозёмы типичные, бурозёмы остаточно-карбонатные, бурозёмы оподзоленные	Основные эталоны
Горно-луговая чернозёмовидная	Горно-луговая чернозёмовидная	Бурозём тёмный остаточно-карбонатный	Основной эталон
Коричневая бескарбонатная	Коричневая выщелоченная	Бурозём типичный	Основной эталон
Коричневая красноцветная	Коричневая красноцветная	Коричневая красноцветная	Уникальная
Коричневая типичная	Коричневая типичная	Коричневая типичная	Основной эталон
Лугово-чернозёмная карбонатная	Лугово-чернозёмная	Агрочернозём гидрометаморфизированный	Почвы с высокой культурой земледелия

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все изученные объекты нашли своё место в рамках современной классификации почв России. У четырех объектов из шести при переводе из классификации почв СССР в современную изменились названия на уровне типа и отдела. Только две почвы сохранили свое название – коричневая типичная и коричневая красноцветная. Для последней желательно введение нового подтипа в типе коричневых почв. Все предложенные объекты возможно включить в Красную книгу почв Крыма. Бурозёмы и коричневая типичная почва могут быть внесены в категорию основных эталонов, так как они являются зональными и широко распространёнными в данных условиях. Коричневую красноцветную почву необходимо включить в категорию уникальных, так как она встречается исключительно в Крыму на территории около 240 га. Агрочернозём гидрометаморфизированный может быть включён в категорию почв с высокой культурой земледелия при условии выведения хотя бы его участка из сельскохозяйственной деятельности, так как применяющиеся сейчас приёмы обработки данной почвы не способствуют сохранению её плодородия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Апарин Б.Ф.* Красная книга почв Ленинградской области / Б.Ф. Апарин, Г.А. Касаткина, Н.Н. Матинян, Е.Ю. Сухачёва. – СПб: Аэроплан, 2007. – 320 с.
2. *Драган Н.А.* Почвы Крыма. – Симферополь: СГУ им. М.В. Фрунзе, 1983. – 95 с.
3. *Егоров В.В.* Классификация и диагностика почв СССР / В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розов. – Изд-во: Колос, 1977. – 221 с.
4. *Классификация и диагностика почв России* / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

5. *Клименко О.Е.* Лугово-чернозёмные почвы под садами Крыма как эталон плодородия и предмет охраны // Материалы Всероссийской научной конференции «Красная книга почв и её значение для охраны почвенного покрова» 20–23 октября 2015 г. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – С. 158–165.
6. *Климентьев А.И.* Почвенные эталоны Оренбургской области: Материалы для Красной книги почв Оренбургской области / А.И. Климентьев, Е.В. Блохин. – Екатеринбург: УрО РАН, 1996. – 90 с.
7. *Костенко И.В.* Атлас почв Горного Крыма. – К.: Аграрна наука, 2014. – 184 с.
8. *Ревина Я.С., Ергина Е.И.* Горно-луговые чернозёмовидные почвы Крымских гор как объекты Красной книги почв Крыма // Материалы Всероссийской научной конференции «Красная книга почв и её значение для охраны почвенного покрова» 20–23 октября 2015 г. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – С. 200–202.
9. *Тонконогов В.Д.* Корреляция почвенных классификаций / В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова, П.В. Красильников, И.А. Дубровина. – Петрозаводск: Карельский Научный Центр РАН, 2005. – 53 с.
10. *Шумских Н.Н., Соловьёв А.М., Драган Н.А.* Идентификация почвенных эталонов в пределах объектов природно-заповедного фонда восточного ЮБК // Материалы Всероссийской научной конференции «Красная книга почв и её значение для охраны почвенного покрова» 20–23 октября 2015 г. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – С. 80–84.

Работа рекомендована к.б.н., доцентом Е.Ю. Сухачёвой.

УКД 631.53.63

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ ПОЧВОВЕДЕНИЯ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА (ХРОНИКА СОБЫТИЙ)

Е.А. Русакова

ФГБНУ «Центральный музей почвоведения имени В.В. Докучаева», Санкт-Петербург

Рассматривается состояние Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева в период с 2014 по 2017 гг.

Данная статья является продолжением музейной летописи, впервые опубликованной в 5(32) [1] и продолженной в 8(35) [2] выпуске «Материалов по изучению русских почв».

2014

Исполнилось 110 лет со дня открытия Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева (ЦМП им. В.В. Докучаева).

ЦМП им. В.В. Докучаева выиграл грант РФФИ № 15-34-10021 мол_г «Проект организации Международной научной конференции XVIII Докучаевские молодежные чтения «Деградация почв и продовольственная безопасность России»» (руководитель Б.Ф. Апарин, отв. исп. Е.В. Мингареева).

Прошла Международная научно – практическая конференция «Проблемы популяризации научных достижений почвоведения XXI века». Обсуждались методы, способы, направления и формы популяризации знаний о почве, происходил обмен опытом в области научно-просветительской деятельности.

Совместно с кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ проведена Международная научная конференция XVII Докучаевские молодежные чтения «Новые веки в развитии почвоведения: современные технологии как средства познания».

Вышел очередной 8(35) выпуск периодического издания «Материалы по изучению русских почв», в него вошли доклады участников Докучаевских молодежных чтений и научно-практической конференции.

Организована выставка «110 лет: Страницы истории» (авт. Е.А. Русакова).

Создана новая постоянная экспозиция в лектории Музея «История ЦМП от идеи создания до 70-х годов» (исп. П.В. Абрамичев, Е.А. Русакова).

Участие в общегородской акции «Ночь музеев 2014» с программой «Луч света в темном царстве» (отв. Е.Д. Чигалейчик). В Музее выступил Санкт-Петербургский оркестр импровизации с «Героической кантатой для сверчков с оркестром». Е. Павлова показала свои работы из кожи «Беспочвенно о почве». Музей посетили 1050 человек.

Организован совместно с организацией «Чистый город» межрегиональный конкурс экологического плаката для школьников. В Музее проходило награждение победителей в номинации «Что посеешь, то и пожнешь».

Участие в X Фестивале детских музейных программ «Детские дни в Петербурге» с маршрутом основной программы «Коробочка секретиков» для детей 5–8 лет (авт. Е.А. Русакова) Проводником в мир почвы для малышей стал дождевой червь по имени Люмбрик, который через выполнение заданий маршрутного листа, объяснял нашим маленьким посетителям значимость почвы как важнейшего компонента природной системы. Фестиваль посетили 2304 человек.

Разработана программа «Истоки знаний о почве» для 7–9-х классов (авт. Е.Д. Чигалейчик) для общегородского проекта «Большая регата». Музей принял 25 команд.

Е.Д. Чигалейчик, став победителем конкурса фонда Дмитрия Зимина «Династия», участвовала в стажировке «Научно-популярные музейные программы для школьников» в Центре науки «Коперник» (Варшава).

Созданы витрины экосистем тропиков и тундры (авт. Е.А. Русакова, художник П.А. Абрамичев).

Поставлен музейный Информационный киоск.

Впервые в Санкт-Петербурге во Всемирный день почв (5 декабря) был организован и проведен «Парад почв», совместно с Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства СПб. В мероприятии принимали участие также преподаватели и студенты кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ. По 6-7 линии Васильевского острова прошло шествие молодежи с фотографий почв, плакатами и лозунгами в защиту почв. Состоялось театрализованное действие «Жизнь почвы в наших руках!» и дефиле «Эко-мода – Мисс-почва».

Отобраны монолиты чернозема и серой лесной почвы и изготовлены две восьмигранные почвенные призмы высотой 2 м и диаметром 0.5 м. по заказу государственного военно-исторического и природного музея-заповедника «Куликово поле». Почвенные призмы были размещены в зале нового музейного комплекса на экспозиции «Сказание о Мамаевом побоище. Новое прочтение».

Б.Ф. Апарин участвовал в г. Москве в первой встрече рабочей группы по Продовольственной безопасности, проводимой в рамках председательства России в «Группе восьми» с устным докладом «Collection of soil monoliths in the Dokuchaev Central Soil Science Museum».

Б.Ф. Апарин и Е.Ю. Сухачева участвовали с гласными докладами на 20-м Всемирном конгрессе почвоведов в Корею и на 9-м Международном конгрессе по почвоведению «Душа почвы и цивилизация» в г. Сочи.

Сухачева Е.Ю. была приглашена на заседание Высшего Экологического Совета «Состояние земельных и водных ресурсов. Законодательное обеспечение их рационального использования и охраны», которое было организовано Комитетом по природным ресурсам, природопользованию и экологии, Государственной Думой Федерального Собрания Российской Федерации.

Сотрудниками музея была опубликована 21 работа в виде статей и тезисов. В 7-ом номере журнала «Почвоведение» вышла статья Апарина Б.Ф., Сухачевой Е.Ю. «Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга)», в 12-ом номере - статья Ю.А. Кокотова, Е.Ю. Сухачевой, Б.Ф. Апарина «Фазовое пространство признаков кислотности почв для диагностики генетических горизонтов».

Старший научный сотрудник ЦМП им. В.В. Докучаева Е.В. Мингареева поступила в аспирантуру ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» в г. Обнинск.

Проведено 2549 экскурсий. Музей посетили 25 850 человек.

2015

2015 год объявлен ООН Международным годом почв. Е.Ю. Сухачева, заместитель директора по научной работе ЦМП им. В.В. Докучаева стала международным консультантом – координатором ООН по проведению Года почв в странах Европы.

ЦМП им. В.В. Докучаева выиграл грант № 15-04-04606 «Типология гумусовых горизонтов в почвах урбоэкосистем (на примере Санкт-Петербурга)» (руководитель Б.Ф. Апарин, отв. исп. Е.В. Мингареева, М.А. Лазарева).

Б.Ф. Апарин и Е.Ю. Сухачева стали Лауреатами Университетской премии за цикл работ «Антропогенно-преобразованные почвы: диагностика и классификация».

Е.Ю. Сухачева выступила с докладом «Международный год почв 2015 – цели и задачи» на Седьмом Невском Международном экологическом конгрессе «Стратегия экологической безопасности: Механизмы реализации» и «Международный год почв 2015» в методическом центре естественно-научного музееведения Российской Федерации – Государственном Дарвиновском музее.

Проведено расширенное заседание Ученого совета Музея, посвященное 110-летию Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева.

Совместно с кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ проведена Международная научная конференция XVIII Докучаевские молодежные чтения «Деградация почв и продовольственная безопасность России», посвященная Международному году почв. В рамках конференции прошла фотовыставка сотрудника института Наук о земле СПбГУ О.Г. Сметанниковой «Летние зарисовки».

Совместно с Департаментом Федерального агентства лесного хозяйства по СЗФО проведена Межрегиональная детско-юношеская экологическая олимпиада «Почва и лес: связь и взаимодействие», посвященная Международному году почв для школьников 1–11 классов.

В дар Музею внуками первого заведующего Музеем П.В. Отоцкого гражданами Швеции Паулем Стефаном и Кьелль Вильгельмом Норденшельдами были переданы тетради с воспоминаниями П.В. Отоцкого и документы.

На фестивале экологии «Представь зеленое» была организована выставка «Почва – жизнь». Б.Ф. Апарин и Е.Ю. Сухачева приняли участие в работе круглого стола «Почвы мегаполиса и экологические основы качества жизни населения».

Е.Ю. Сухачева и Е.А. Русакова участвовали в церемонии открытия научно-практической конференции X международного конкурса «Инструментальные исследования окружающей среды» с мини-выставкой «Разнообразие почвенного покрова России» в пресс-центре Дворца конгрессов СПб в рамках партнерского сотрудничества. Для участников конференции в Музее были организованы и проведены экскурсии.

В акции «Ночь музеев 2015» Музей участвовал с программой «Три ратных поля России» (автор: Е.Ю. Сухачева). К 70-летию Победы в Великой Отечественной войне были созданы три экспозиции «Земля Куликова поля»; «Земля Бородинского поля»; «Земля Прохоровского поля» (исп. П.В. Абрамичев, Е.Д. Чигалейчик). По материалам, представленным студенческим поисковым отрядом СПбГУ «Ингрия», с использованием находок военного времени и почвенных монолитов с мест сражений, была организована вы-

ставка «Синявинские высоты» (исп. П.В. Абрамичев, Е.А. Русакова). Число посетителей составило 1153 человека.

Е.А. Русакова, Е.Д. Чигалейчик и С.Ю. Иванов по приглашению Департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области приняли участие в IV ежегодном областном экологическом фестивале «Экоград». Для экспозиции Музея была организована тематическая площадка, посвященная международному году почв. Участвовало более 3000 человек.

Участие в выставке на фестивале Русского Географического общества «Открываем Россию заново!», посвященном 170-летию РГО в Центральном доме художника (Москва, Крымский вал, 10). Материалы выставки (фотографии почв и их описание) подготовлены Е.Ю. Сухачевой. За 10 дней работы Фестиваля его посетили более 80 тысяч человек.

Участие в праздновании «Дня молодежи» с демонстрацией моделей одежды из коллекции «Почвы России» и парадом почв на Манежной площади, по приглашению Центрального совета МОО «Природоохранный союз».

Участие в акции «Нашим рекам и озерам – чистые берега», ставшей частью федеральной целевой программы «Вода России». В акции приняли участие губернатор СПб Георгий Полтавченко и министр природных ресурсов и экологии РФ Сергей Донской.

В празднике «День рождения Васильевского острова», проходившем на стрелке В.О. под открытым небом организовали мастер-класс «Рисуем почвой». Студентки кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ демонстрировали наряды, на создание которых П.В. Абрамичева вдохновила почва. В этот день двери Музея были открыты для всех желающих, проводились экскурсии.

Участие в XI Фестивале «Детские дни в Петербурге» с маршрутом «Облик, образ, образец» (авт. Е.А. Русакова). В Музее побывало 1406 человек.

В игре-путешествии «Большая регата» Музей участвовал с маршрутом «Герои сказок в ЦМП» для детей 1–2 классов (авт. Е.Д. Чигалейчик). В рамках конкурса музей посетило 50 команд.

Участие в выставке «Санкт-Петербургского образовательного форума – 2015» в Ленэкспо.

Совместно с сотрудниками кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ разработали «Азбуку почв» для детского экологического журнала «У Лукоморья».

Провели Международный семинар «Организация почвенно-экологического мониторинга с использованием коллекций почвенных монолитов» / «Методы организации научно-просветительской деятельности в области почвоведения».

В ознаменование Всемирного дня почв и Международного года почв Музей организовал открытую лекцию директора ЦМП им. В.В. Докучаева, проф. Б.Ф. Апарина с показом видеофильма «Почва – зеркало ландшафта». Прошли круглые столы «Роль молодежи в популяризации науки о почве» (модератор: Е.В. Мингареева) и «Опыт работы студентов и аспирантов СПбГУ со школьниками» (модератор: К.Е. Черныш).

К.Е. Черныш и М.А. Лазарева участвовали в VI семейном эко-фестивале «Павловская белка» в парке г. Павловска.

Для активных пользователей телефонов на основе бесплатного мобильного приложения была сделана аудио экскурсия, помогающая ориентироваться в нашем музее одиноким посетителям без экскурсионного обслуживания.

Экспозиция «Подземное царство» стала темой очередного выпуска детской программы «Телезнайки» на телеканале «Санкт-Петербург».

В фестивале «Современное искусство в традиционном музее», организованном фондом Про-арт экспозиция Музея стала частью проекта «Роскошные чудовища» совместно с тремя работами художника из Великобритании Саймона Фудживары.

Сотрудниками Музея и кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ была проведена акция «Парад Почв» на 6-7 линии В.О. В этот раз помимо шествия и показа почвенной моды, была организована викторина и мини выставка почвенных монолитов.

Для уточнения почвенной карты Ленинградской области была организована экспедиция на восток области в Бокситогорский и Тихвинский районы с отбором 2-х монолитов эталонных почв. Для исследования свойств городских почв были организованы экспедиции в Кировский, Василеостровский, Петроградский районы Санкт-Петербурга.

Е.Ю. Сухачева и Б.Ф. Апарин совершили экспедицию на Чукотку для отбора монолитов.

Е.А. Русакова участвовала с докладом во Всероссийской конференции с международным участием «Комплексные научные исследования и сотрудничество в Арктике: взаимодействие ВУЗов с академическими и отраслевыми научными организациями» в Архангельске.

Б.Ф. Апарин, К.Е. Щеглова выступили с докладами на Международной научно-практической конференции «Воспроизводство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия» и V-м съезде Белорусского общества почвоведов и агрохимиков в Минске.

Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева выступили с докладами во Всероссийской научной конференции с международным участием «Почвы холодных областей: генезис, география, экология» и на Международном Конгрессе «Почвоведение в международный Год почв» (г. Сочи).

Е.А. Русакова прошла обучение по программе курса повышения квалификации «Экология и охрана окружающей среды» в НОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт природопользования, промышленной безопасности и охраны окружающей среды» и приняла участие с докладом в работе II Международной научно-практической конференции «Формирование экокультуры у подрастающего поколения».

Сотрудниками музея было опубликовано 14 работ в виде статей и тезисов. В том числе в Бюллетене Почвенного института им. В.В. Докучаева вышла статья Б.Ф. Апарина, Е.Ю. Сухачевой «Классификация городских почв в системе Российской и Международной классификаций почв».

Проведено 2818 экскурсий. Музей посетили 29 380 человек.

2016

26 февраля состоялись выборы нового директора ЦМП им. В.В. Докучаева. На смену Б.Ф. Апарину, проработавшему в этой должности 40 лет, общим собранием коллектива была выбрана Е.Ю. Сухачева. Б.Ф. Апарин перешел на должность научного руководителя Музея.

Е.Ю. Сухачева награждена Федеральным Агентством Научных Организаций почетной грамотой за безупречный труд и высокие достижения в профессиональной деятельности.

Организована выставка «К 170-летию со дня рождения В.В. Докучаева «Докучаевские места в Петербурге»».

Подготовлена выставка «150-летия со дня рождения П.В. Отоцкого». На выставке демонстрировались фотокопии ранее неизвестных фотографий из семейного архива, предоставленных внуками П.В. Отоцкого.

Совместно с кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ подготовлена и проведена ежегодная Международная научная конференция XIX Докучаевские молодежные чтения «Почва – зеркало ландшафта».

В партнёрстве с экологической организацией «Чистый город» проведен Всероссийский интернет – конкурс плакатов «Мы за чистые города России» и интернет – конкурс экологического плаката «Что посеешь, то и пожнёшь».

Для акции «Ночь музеев» была подготовлена программа – «Самый первый пахарь». Гостей, а их у нас было почти 900 человек, встречали студенты в костюмах Муравья и Многоножки. Посетители побывали на экскурсии и узнали, что самый первый пахарь – это ... дождевой червь.

Для фестиваля «Детские дни в Петербурге» подготовлена экскурсия в игровой форме – «Путешествие с Букашкой» для детей 7–10 лет (авт. Е.А. Русакова). В эти дни у нас побывало 2055 человек.

Е.Д. Чигалейчик разработала для школьников 8–10 классов программу «Узнай ученого» в рамках «Большой регаты». Игру посетили 34 команды.

Участие в проведении и организации мероприятий к Всемирному дню почв в Москве в МСХА имени К.А. Тимирязева.

Сотрудники Музея участвовали в выставке «Санкт-Петербургского образовательного форума – 2016» в Ленэкспо (организатор Е.А. Русакова, исп. М.А. Лазарева).

Для выполнения задач НИР по оценке ресурсного потенциала почв на основе актуализированной картографической информации о состоянии почвенного покрова Ленинградской области, была проведена экспедиция в Лужский, Кингисеппский, Всеволожский и Сланцевский районы Ленинградской области.

Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева, Е.А. Русакова выступили с докладами на Международном семинаре «Научное наследие В.В. Докучаева: традиции и развитие идей (к 170-летию со дня рождения)», организованном Российским фондом фундаментальных исследований Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН в Москве.

Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева, Е.А. Русакова, Е.В. Мингареева участвовали с докладами в работе VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции «Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны» в Белгороде.

Заключено кооперационное соглашение о совместной работе в области проведения научных исследований и усовершенствования студенческого образования и подписан меморандум о научно-техническом сотрудничестве между «Бранденбургским Институтом по поддержке разработки и внедрения новых технологий и инноваций, МПТИ (МИТИ)», Шраусберг, Германия и ФГБНУ ЦМП им. В.В. Докучаева.

Е.Ю. Сухачева и Б.Ф. Апарин участвовали, в проходившем в СПбГУ Всероссийском мероприятии «Микробиом России». Б.Ф. Апарин выступил с докладом «Некоторые итоги исследования почвенных микробиомов. Проблемы и задачи».

Б.Ф. Апарин выступил на пленарном заседании с докладом «Типология гумусовых горизонтов городских почв», а также провел мастер-класс по методике отбора почвенного монолита на IV Международной научно-практической конференции «Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем» в Иркутске.

Е.Ю. Сухачева и Е.А. Русакова участвовали с докладом «Collections of the Central Soil Museum as a foundation for soil-ecological monitoring of the Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor territory» в IGCP 610 Fourth Plenary Conference and Field Trip (Грузия).

Е.Ю. Сухачева и Б.Ф. Апарин приняли участие в экспедиции по Камчатскому краю, где ими были отобраны для Музея почвенные монолиты.

Опубликовано 16 статей и тезисов. В журнале «Почвоведение» №1 вышла статья Ю.А. Кокотова, Е.Ю. Сухачевой, Б.Ф. Апарина «Анализ показателей кислотности почвенного профиля и их связи с процессом почвообразования» и в №12 статья Б.Ф. Апарина, Н.И. Платоновой, Е.Ю. Сухачевой, А.Е. Дудина «Погребенные почвы верхнепалеолитической многослойной стоянки Костенки-1».

Научный сотрудник ЦМП им. В. В. Докучаева М.А. Лазарева поступила в аспирантуру ФГБНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева в Москве по направлению почвоведение.

Научный сотрудник ЦМП им. В. В. Докучаева Е.Д. Чигалейчик стала аспиранткой Санкт-Петербургского государственного института культуры по направлению музееведение.

Проведено 2470 экскурсий. Музей посетили 25 500 человек.

2017

Совместно с кафедрой почвоведения и экологии почв Музей участвовал в организации и проведении Юбилейных XX Докучаевских молодежных чтений «Почва и устойчивое развитие государства» посвященных Году экологии-2017 в России. В конференции приняло участие более 230 студентов, аспирантов, молодых ученых и школьников.

В фойе Актового зала СПбГУ прошла выставка, посвященная Юбилею Докучаевских молодежных чтений (авт. М.А. Лазарева). На выставке были представлены материалы конференций, собранные с 1998 по 2017 гг.

ЦМП им. В.В. Докучаева выиграл грант РФФИ № 17-34-10010 мол_г (руководитель Б.Ф. Апарин, отв. исполнитель М.А. Лазарева) и грант Некоммерческой благотворительной организации Благотворительный фонд В. Потанина «Имеющий уши да услышит. Имеющий глаза да увидит» (руководитель Б.Ф. Апарин, отв. исполнитель Е.Д. Чигалейчик).

Вышел очередной 9(36) выпуск периодического издания «Материалы по изучению русских почв».

Организована выставка «К.Д. Глинка – 150 лет со Дня Рождения» (авт. Е.А. Русакова). На выставке демонстрировались подлинные фотографии из архива ЦМП, первое издание учебника «Почвоведения» (1908 г.), путеводитель первого Международного конгресса почвоведов в Вашингтоне 1927 г., первая почвенная схематическая карта Мира.

К Юбилею Октябрьской революции открыта выставка «Воплощение идеи В.В. Докучаева» (к 100-летию революции в России). На выставке представлены книги и учебники по почвоведению, собрание сочинений В.В. Докучаева; копии фотографий и документов, бюст В.И. Ленина (работы Н.В. Томского) и модель памятника В.В. Докучаеву скульптора А.Н. Черницкого (авт. Б.Ф. Апарин).

В рамках ежегодной акции «Ночь музеев» прошла программа «О чем поет сверчок?». Организован арт-моб с живым уголком природы, где можно было походить босиком по траве, вдохнуть запахи земли, слушать раскаты грома, пение птиц и живых сверчков. Проводилась экскурсия «Красная книга почв Ленинградской области»; по почвенной карте Санкт-Петербурга рассчитывался индекс экологического благополучия; прошла фотовыставка «Заповедные места Земли русской». За эту ночь музей посетило 1100 человек.

Разработано несколько новых программ по привлечению внимания молодежи к экологическим проблемам. В рамках городского межмузейного проекта «Петербургские ЭКО игры – 2017», объединившего 13 музеев и экологических центров города, была разработана экскурсия «Петербург на болоте? Мифы или реальность».

ЦМП стал инициатором проведения первого межмузейно-вузовского фестиваля «В музей – сегодня, в науку – завтра!» (авт. Е.Ю. Сухачева). Обязательным элементом фестиваля являлось использование совместного потенциала музейных сотрудников и молодых ученых, студентов и аспирантов. В фестивале приняли участие 11 музеев со специальными программами, подготовленными для старшеклассников.

Разработана экскурсия «Загляни в прошлое – увидишь будущее», на которой студенты кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ рассказывали об одном из перспективных и увлекательных направлений современного почвоведения – палеопочвоведении.

Для младших школьников проводилась программа «Умный остров», которая включала посещение по единому билету ЦМП, Пушкинского Дома и экскурсии по стрелке Васильевского острова, где находятся старейшие научные учреждения России.

Впервые разработана новая форма популяризации почвоведения среди молодежи – стратегическая командная игра для подростков «Колонизация. Почва», совмещающая в себе настольную стратегию, квест и игру живого действия.

Е.В. Мингареева участвовала в экспертном совете Городской открытой научно-практической конференции старшеклассников по биологии «Ученые будущего», проводимой эколого-биологическим центром «Крестовский остров».

Е.А. Русакова и М.А. Лазарева в рамках городской экологической Ассамблеи «День Земли» в ЭБЦ «Крестовский остров» организовали станцию «Почвоведение», на которой проходила образовательная программа «Почвы природных зон» с выполнением самостоятельных заданий. В Ассамблее приняла участие 21 команда юных экологов из разных районов города.

Е.Д. Чигалейчик и М.А. Лазарева участвовали в ежегодном городском конкурсе юных зоологов «Соседи по планете», который проводил ЭБЦ «Крестовский остров». Была организована станция «Обитатели подземного царства». В конкурсе приняли участие 10 команд юных экологов.

В фестивале «Детские дни в Петербурге» участвовали в основной программе с маршрутом «Ошибки допускаются» (авт. Е.А. Русакова).

Для «Большой регаты» подготовили программу для 8–10 классов «От общего к частному. Таджикистан» (авт. Е.Д. Чигалейчик). Программу посетили 26 команд.

Участвовали в Фестивале заповедной природы Санкт-Петербурга «Оберег Невы» на территории «Елагин остров».

Всемирный день почв – 5 декабря был отмечен молодежной экологической вечеринкой. Она прошла под девизом: «Save Our Soils» – «Спасите Наши Почвы»!

Е.Ю. Сухачева, Б.Ф. Апарин, Е.А. Русакова приняли участие с докладами в работе III Всероссийской научной конференции с международным участием «Проблемы истории, методологии и социологии почвоведения» в Институте физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН г. Пущино.

Е.Ю. Сухачева, Б.Ф. Апарин участвовали в VII-ой Международной конференции по криопедологии в Якутске и отобрали для Музея 5 почвенных монолитов.

Организованы 2 экспедиции: в Псковскую, Новгородскую и Воронежскую области и в Белгородскую область и республику Крым. Целью экспедиций был отбор образцов и монолитов в рамках выполнения Госзадания: «Исследование пространственно-временной изменчивости содержания радионуклидов (Ra-226, Th-232, K-40, Cs-137) в основных типах почв и почвообразующих породах Европейской части России с использованием почвенных монолитов и образцов из коллекции Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева». Был отобран уникальный монолит погребенной Микулинской почвы в заповеднике «Каменная степь».

Опубликована статья в журнале «Почвоведение» № 12 «Содержание радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) в черноземах Волгоградской области разных сроков отбора образцов» (Б.Ф. Апарин, Е.В. Мингареева, Н.И. Санжарова, Е.Ю. Сухачева).

Младшие научные сотрудники ЦМП им. В.В. Докучаева Е.А. Шевчук и М.К. Захарова стали аспирантами СПбГУ.

Началась работа по включению музейных предметов и коллекций ФГБНУ ЦМП им. В.В. Докучаева в Государственный каталог музейного фонда Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зыкина Л.В. 100 лет Центральному музею почвоведения им. В.В. Докучаева (хроника, события, люди). // Материалы по изучению русских почв. Вып.5(32).2004. под. ред. В.Ф. Апарина. Изд-во СПбГУ. С. 5–25.
2. Русакова Е.А. 110 лет центральному музею почвоведения им. В.В. Докучаева (хроника последнего десятилетия). // Материалы по изучению русских почв. Вып.8(35).2014. под. ред. В.Ф. Апарина. Изд-во СПбГУ. С. 61–66.

Основным инструментом изучения деградации земель в данной работе является анализ данных дистанционного зондирования на уровне всей области. Последующая верификация данных на ключевых участках позволила связать изменения состояния земель с теми или иными процессами, позволяющими более детально охарактеризовать состояние экосистем на уровне отдельных хозяйств.

ВВЕДЕНИЕ

Астраханская область является уникальной территорией, сочетающий в себе высокий сельскохозяйственный и рекреационный потенциал за счет своих агроклиматических ресурсов и наличия такого важного географического элемента, как дельта реки Волга. Однако многие территории данного региона, подверженные негативным последствиям ведения хозяйства, нуждаются в пересмотре способов и видов землепользования для последующего сохранения свойств и функций земель.

Целью данной работы является оценка деградации земель Астраханской области на уровне региона по данным дистанционного зондирования с включением результатов анализа экономических и климатических данных, и с последующим агрохимическим анализом ключевых участков на уровне отдельных типичных хозяйств.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являются почвы Астраханской области, которые изучались в масштабе всей области с помощью картографирования динамики нормализованного относительного растительного индекса (NDVI). Основным методом исследований являлась работа с разновременными снимками спутника MODIS разрешением 250 м с последующей наземной верификацией. Была оценена разница значений (NDVI) между усредненными данными вегетационного периода с апреля по октябрь за 2000–2005 гг. и 2011–2016 гг., что отражает степень развития растительного покрова. На рис. 1 представлена итоговая карта изменения NDVI. Для верификации полученных данных были выбраны наиболее представительные участки территории для последующего агрохимического анализа отобранных образцов.

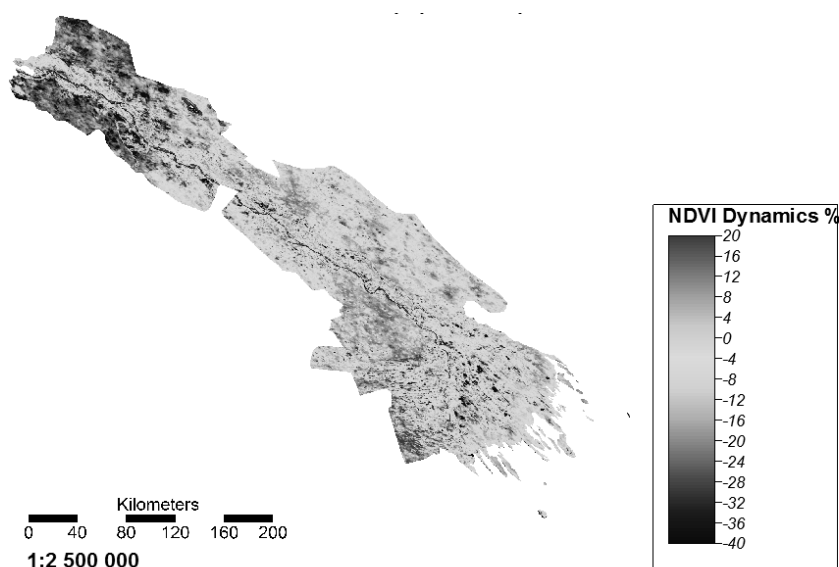


Рисунок 1. Динамика вегетационного индекса в астраханской области за период с 2001 по 2015 г.

Для анализа экономических показателей на уровне муниципальных районов Астраханской области использовались данные баланса продовольственных ресурсов в сельском хозяйстве с 2002 по 2014 гг. Климатические показатели оценивались за период с 2008 по 2014 гг. в виде таких данных как годовое количество осадков, среднемесячная температура и индекс аридности (рис. 2).

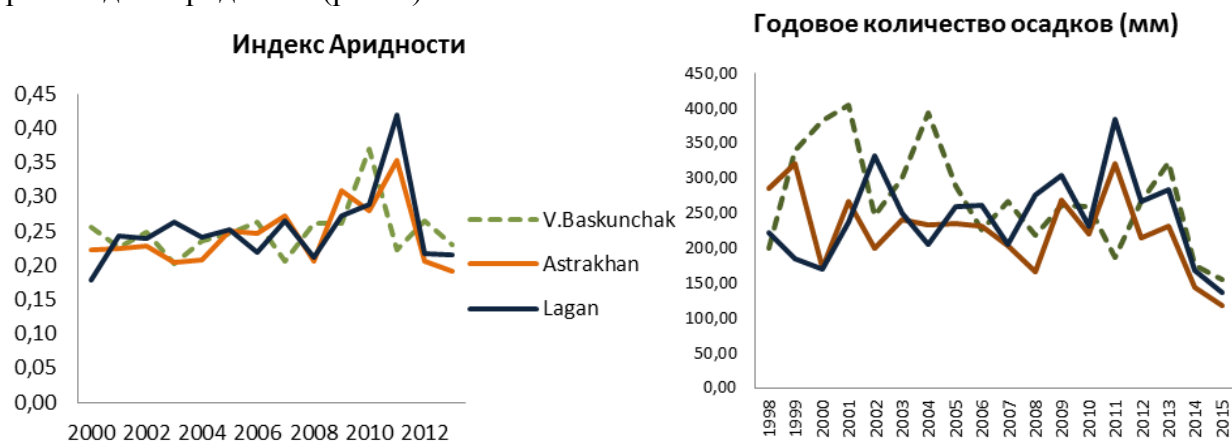


Рисунок 2. Климатические показатели по данным метеостанций Астраханской области за период с 1998 по 2015 гг.

Три ключевых участка представляли собой участок с повышенным показателем NDVI +20 % северной части дельты Волги в Наримановской районе, (47°53'22.32" с.ш.; 46°06'44.37" в.д.). Второй и третий участки выбраны в Черноярском районе под ведением Государственного научного учреждения «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия» – участок под пашней – соответствующий отсутствию изменения вегетативного индекса (47°53'22.32" с.ш.; 46°6'44.37" в.д.), и залежь – со снижением индекса за 15 лет (47°56'30.01" с.ш. 46°05'58.67" в.д.). На данных участках провели описание почвенных разрезов и состояния растительности. Агрохимический анализ включал в себя количественное определение таких физических и химических показателей, как подвижные формы калия и фосфора, общий азот, общий углерод, карбонаты, плотность сложения, масса сухого остатка, электропроводность, ёмкость катионного обмена, pH почвенной пасты. Результаты представлены в табл. 1 и 2.

Также для подробного анализа изменения состояния земель на уровне отдельных типичных хозяйств были отобраны образцы по регулярной случайно сетке с шагом 10 м на площади 1 га. Проведено количественное определение общего углерода в образцах и pH водного.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе составленной карты можно сделать четкое разделение территории области по природно-климатическим регионам: Волго-Ахтубинскую пойму, северную часть области, лежащую в пределах степной зоны, и южную часть, находящуюся в зоне полупустыни. Максимальное снижение величины индекса NDVI (до 40 %) в период с 2001 по 2015 гг. наблюдалось в степной зоне (Черноярский и Ахтубинский муниципальные районы). Наибольшее увеличение величины индекса NDVI (до 20 %) отмечается в полупустынной зоне, в центральной и юго-западных частях региона (Лиманский, Икрянский, Харабалинский районы). В пойме изменения незначительные.

Изменение вегетационного индекса как показателя состояния растительного покрова может быть связано как с естественными причинами (климат), так и антропогенными (землепользование, ведение сельского хозяйства). Попытались проследить, насколько динамика изменения величины индекса NDVI связана с экономическими показателями сельского хозяйства в данном регионе в период с 2008 по 2014 гг. Большинство муниципальных районов имеют определённую направленность аграрного сектора (растениевод-

ческую или животноводческую). Районы с отрицательной динамикой NDVI занимаются преимущественно растениеводством. За рассматриваемый период в них наблюдается отрицательный прирост урожайности с/х культур и наибольшее сокращение количества с/х техники, что косвенно свидетельствует о забрасывании пашни и переходе ее в залежь.

Таблица 1. Химические свойства изучаемых почв.

Разрез	Горизонт	Глубина взятия образца, см	K ₂ O, мг/100 г	P ₂ O ₅ , мг/100 г вытяжки	CaCO ₃ , г/100 г почвы	Собщ., %	Нобщ., %
1	AE	8	35.76	0.49	4.63	1.13	0.030
	Bca	26	14.79	0.44	7.51	0.71	0.017
	B2ca	43	13.41	0.25	4.26	1.38	0.008
	Bca(sn)	69	13.74	0.23	3.32	0.71	0.006
2	A пах	15	19.78	0.60	2.03	0.41	0.043
	B (BMK)	35	16.93	0.27	2.22	1.05	0.045
	Bca (CAT)	57	11.27	0.53	13.21	2.34	0.030
	BC (BC)	85	13.20	0.94	6.49	1.38	0.009
3	Ad	2.5	45.24	2.36	3.56	1.41	0.090
	P1	13	25.11	0.57	3.54	1.16	0.051
	P2	24	16.43	0.38	1.47	0.91	0.050
	Bca1	38	11.58	0.53	19.71	3.23	0.030
	Bca2	52	12.17	1.30	5.82	1.43	0.007
	BC	87	15.97	0.43	4.24	1.17	0.009

Таблица 2. Химические и физические свойства изучаемых почв.

Разрез	Горизонт	Плотность сложения, г/см ³	Сухой осадок, %	Электро- проводность, мСм/м (при 21.3 °C)	ЕКО, мг-экв/100 г	pHводн.
1	AE	1.29	0.531	0.37	88.30	7.87
	Bca		0.451	0.36	74.40	7.75
	B2ca		0.413	0.43	36.25	8.03
	Bca(sn)		0.873	0.58	21.96	7.99
2	A пах	1.41	0.443	0.45	4.45	7.70
	B (BMK)		0.449	0.53	23.68	7.83
	Bca (CAT)		0.401	0.68	97.73	8.19
	BC (BC)		1.391	0.68	45.44	8.45
3	Ad	1.41	0.444	0.52	20.32	7.76
	P1		0.417	0.82	22.31	7.92
	P2		0.425	0.32	17.43	7.94
	Bca1		0.492	1.23	95.87	8.22
	Bca2		0.564	3.00	46.69	7.94
	BC		1.074	4.92	53.10	8.12

Зона роста вегетационного индекса приурочена к животноводческим районам. Здесь за рассматриваемый период произошло увеличение показателей поголовья скота.

Предварительно, можно связать наблюдаемые изменения в полупустынной зоне с климатическим трендом, увеличением индекса аридности (в 2010–2011 гг. – аридность уменьшилась (вырос индекс аридности), что привело к увеличению продуктивности и росту показателя NDVI на данной местности.

Картосхема интерполяции значений химических показателей в корнеобитаемом слое почв на наблюдаемых площадках показало более равномерное распределение значений на первой площадке (вспахиваемое поле) и комплексность на второй (залежь), что, скорее всего, связано с микрорельефом местности. Варьирование величины рНводн. на пашне, по сравнению с залежью, смещены в сторону слабощелочных значений. Содержание углерода на залежи выше, чем на пашне. Данные результаты связаны с высокой с/х нагрузкой на пашню за счет отчуждения урожая с полей, приводящее к обеднению почв элементами, в том числе основаниям и углеродом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам составленной карты динамики вегетационного индекса выявлено, что больше всего величина вегетационного индекса снижается в северной части области, в районах с преобладанием растениеводства. Увеличение величины NDVI в южной части области связано с зарастанием дельтовой зоны. На уровне отдельных хозяйств анализ состояния пашни с постоянным вегетационным индексом показал необходимость ведения интенсивного сельского хозяйства за счет внесения необходимых доз удобрений. Снижение вегетационного индекса на залежи происходит вследствие смены типа землепользования: забрасывание пашни и постепенной смены растительного сообщества от мезофильной растительности на более ксерофильную целинно-степную.

ЛИТЕРАТУРА

1. *United States Geological Survey* [электронный ресурс] <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения 20.03.2016);
2. *Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных* [электронный ресурс] <http://meteo.ru/> (дата обращения 26.03.2016);
3. *Федеральная служба государственной статистики* [электронный ресурс] http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/ (дата обращения 15.02.2016).

Работа рекомендована член-корр. РАН, д.б.н., проф. П.В. Красильниковым.

ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ РОСТОВСКОЙ НИЗИНЫ (ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ):
ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Ю.В. Симонова, А.Г. Рюмин

Санкт-Петербургский государственный университет

Засоленные почвы, как правило, имеют широкое распространение в аридном и семиаридном климате, тогда как в схеме зональных почвенных закономерностей гумидного климата не предусматривается существование засоленных почв в «зоне выщелоченных грунтов» (по Г.Н. Высоцкому) или «подзолистых почв» (по Н.М. Сибирцеву). Тем не менее, согласно Высоцкому, всегда находится место для интразональных почв с «отклонениями», причинами которых являются физический состав почвы и почвообразующей породы, рельеф и уровень грунтовых вод.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования засоленных почв Ростовской низины (Ярославское Поволжье) начаты одновременно с детальным изучением географии Ярославской губернии и становлением почвоведения как науки. Первые систематические наблюдения почв котловины озера Неро, расположенной в центре низины, были начаты в начале XX в. и преследовали, главным образом, оценочные цели.

Дело в том, что в силу причин экономического и географического характера огородные приозерные земли Ростовского уезда высоко ценились в губернии. Как правило, это темноцветные, перегнойно-суглинистые приозерные почвы, именуемые местными жителями «чернозем», которые, благодаря высокому потенциальному плодородию, создавали основу знаменитого ростовского огородничества, чем и привлекали внимание исследователей. Про приозерные почвы М. Ошанин пишет, что это «самая дорогая земля, которой не дают гулять ... 16 месяцев» [16, с. 133].

Отсюда возникает интерес к засоленным почвам, которые встречаются пятнами среди «ростовских черноземов», и на фоне их экономической востребованности вызывают претензии местного населения на «такую разновидность чернозема, в которой много солей», где «товар не так хорошо родится, как на настоящем черноземе» [4].

Б.Л. Бернштейн [5] впервые выделяет среди пяти почвенных типов, описанных в главных уездах Ярославской губернии, почвы озерного типа – огородные земли вокруг озера Неро. Автор называет их по местному наименованию «чернозем», «усол», «солонец», дает их морфологическое описание, и приводит некоторые их «цифровые характеристики».

В перечне населенных пунктов Ростовского уезда (ныне Ростовский муниципальный район Ярославской области), где встречаются спорадические ареалы засоления, указаны окрестности г. Ростова, села Лев, Зверинец, Угодичи, Борисовская, Сулость и др. Все эти села расположены недалеко от озера Неро (некоторые у самого берега). Водные вытяжки почв здесь обнаруживали содержание солей от 0.1 до 1.0 % [6].

Как пишет известный географ С.Г. Григорьев, почва по западную и восточную сторону озера во многих местах пропитана солью, которую раньше даже вываривали (например, в Варницком монастыре) [10].

Целенаправленный поиск литературы по проблеме ростовских приозерных «усолов» выявил достаточно большое количество упоминаний об этом факте. Но все же, на сегодняшний день, вопрос существования этих почв остается открытым и мало исследованным с точки зрения генетического почвоведения. Интересна также проблема прогноза их дальнейшего развития, распространения или сокращения ареалов засоления. Так, А. Флеров предсказывает превращение котловины озера в огромный солончак [21], но с учетом проводимых в 80-х гг. XX столетия мероприятий по дренированию территории можно было ожидать и значительного сокращения ареалов засоленных почв [19, с. 80].

Целью настоящего исследования стало подтверждение или опровержение факта наличия ареалов засоленных почв в Ростовской низине (как в районе избыточного увлажнения), понимание вопросов их генезиса с помощью современных методов, используемых в почвоведении, определение направлений их эволюционного развития.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Район исследования относится к Ростово-Борисоглебскому почвенному району Бежецкого округа среднерусской провинции дерново-подзолистых среднесуглинистых почв южно-таежной подзоны [7, с. 151–155].

Объекты исследования (всего в работе приводятся данные по четырем разрезам) расположены в пределах первой террасы озера Неро, одного из самых крупных водоемов Ярославского Поволжья.

В решении вопроса генезиса данных почв прочно заняла место версия, что формирование соленых грунтовых вод котловины обязано выходу подземных вод пермско-триасового водоносного комплекса коренных формаций (с минерализацией до 96.5 г/л) вследствие отсутствия водоупорных пластов (в региональной гидрогеологической системе это юрские глины) в тектонически обусловленных депрессиях, каковой, по мнению ряда авторов, является котловина озера Неро [3, 17]. В местах, где обеспечивается гидравлическая связь с вышележащими водоносными горизонтами вследствие отсутствия водоупора, появляются соленые и солоноватые грунтовые воды как результат смешивания метеорных вод и подземных рассолов. Такие зоны смешивания проявляются в виде точечных соленых ключей и просачиваний (рис. 1).

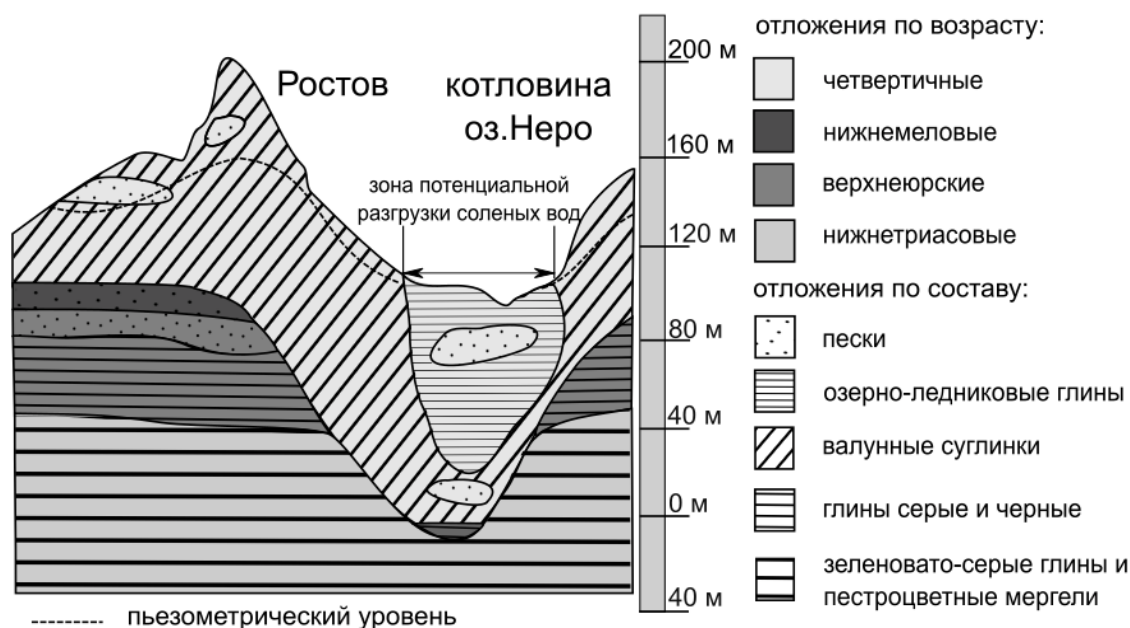


Рисунок 1. Адаптированный фрагмент гидрогеологического профиля отложений оз. Неро карты подземных вод М 1:1 500 000 (Атлас Ярославской области, 1964 [2]).

Пробы почв из разрезов отобраны в конце сентября 2016 г. В образцах выполнен полный анализ водной вытяжки из почвы (соотношение почва:вода = 1:5), в том числе щелочность карбонатная и общая щелочность (или щелочность от гидрокарбонат-ионов) — определены титрованием 0.02 н. H_2SO_4 в присутствии фенолфталеина и метилоранжа, соответственно, Cl^- — аргентометрическим методом, SO_4^{2-} — гравиметрическим методом [18].

Определение катионов выполнено в лаборатории Ресурсного центра «Методы анализа состава вещества» Научного парка СПбГУ. Катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} в водной вытяжке определялись методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICPE-9000), Na^+ и K^+ — методом атомно-абсорбционной спектроскопии с атомизацией в непрерывном пламени (Shimadzu AA-7000).

Величина содержания общего углерода и азота в образцах определена на анализаторе LECO CHN628. В карбонатных почвах отдельно определялось содержание C_{CO_2} гравиметрическим методом, а содержание $C_{орг}$ вычислялось по разнице между $C_{общ}$ и C_{CO_2} .

Оценка химизма и степени засоления произведена в соответствии с критериями, предложенными в монографии [11, с. 18–19, 28–33]. Степень засоления оценивалась по сумме массовых долей (%) всех определенных в водной вытяжке ионов ($\Sigma_{солей}$) и сумме токсичных солей ($\Sigma_{токс}$) с учетом химизма засоления. Расчет суммы токсичных солей производился исходя из допущения, что ионы Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} переходят в водную вытяжку в результате растворения токсичных солей, а ионы HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} – в результате растворения как токсичных солей, так и не токсичных солей (гипс, кальцит) [11, с. 29].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разрез «Львы-2-16» расположен в населенном пункте Львы в 10 м от уреза воды озера Неро, устье р. Мазики (57.14083 N, 39.34921 E. А.о. 93 м).

В геоморфологическом отношении положение разреза с. Львы относится к I луговой террасе озера Неро. Уровень воды в разрезе находился на отметке 38 см. Почвенный профиль гидроморфного типа, морфологически диагностируется как перегнойно-гумусовый глеевый тип. На поверхности даже во влажный период заметны выцветы солей.

По гранулометрическому составу почва тяжелосуглинистая, карбонаты в профиле отсутствуют или их содержание очень мало, судя по отсутствию вскипания от 10 % HCl.

Профиль разреза демонстрирует высокие величины $C_{орг}$ (12–15 %) и $N_{общ}$ (1.0–1.4 %) (рис. 2), не характерные для минеральных почв, но укладывающиеся в диапазон значений, характерных для прибрежных сапропелевых отложений озера Неро [13].

Содержание сухого остатка в образцах почвы достигает максимального значения 1.25 % в верхнем гумусовом горизонте.

Солевой профиль разреза эксплицирует преобладание среди анионов SO_4^{2-} , среди катионов – Ca^{2+} (рис. 2).

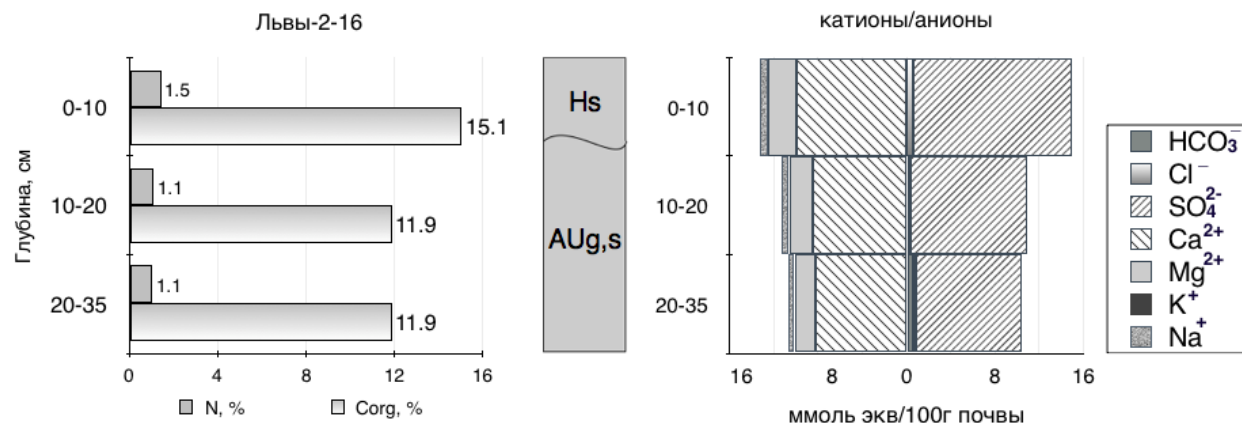


Рисунок 2. Диаграмма распределения углерода органических соединений и общего азота (в левой части) и легкорастворимых солей (в правой части) по почвенному профилю разреза «Львы-2-16».

По степени засоления верхняя часть профиля относится к средней степени засоления ($\Sigma_{солей}$ – 0.8 %, $\Sigma_{токс}$ – 0.3 %), в нижней части профиля содержание ионов в водной вытяжке соответствует слабой степени засоления ($\Sigma_{солей}$ – 0.6 %, $\Sigma_{токс}$ – 0.2 %). Почва относится к перегнойно-гумусовым глеевым засоленным на озерных суглинках.

Несмотря на то, что отбор проб производился в аномальный по количеству осадков период, соли не вымыты в нижнюю часть профиля, их максимум соответствует верхнему горизонту Hs, а картина солевого профиля демонстрирует выраженную направленность процессов прогрессивного типа засоления.

Средняя и слабая степени засоления почвы в данном случае, вероятно, говорят о диффузном характере распространения засоления вблизи озера, предусматривающем распределение по относительно большой площади.

Разрез «Польдер-1-16» расположен вблизи г. Ростова (57.18075 N, 39.37113 E. А.о. 92 м) в пределах первой террасы озера Неро на ранее заболоченном участке. В настоящее время участок осушен и построена система дамб для складирования добытого из озера Неро сапропеля. Грунтовые воды обнаружены на глубине 56 см. В летний период на поверхности почвы проступают соли в виде белого налета. Кристаллы солей заметны также при высушивании образцов до воздушно-сухого состояния.

Морфологический образ почвы разреза (рис. 3 лев.) демонстрирует отсутствие генетической связи между двумя верхними гумусовыми горизонтами и остальной частью профиля, что подтверждается и данными физико-химического анализа: отличием в распределении гранулометрических фракций, картиной солевого профиля, крайне высоким в верхнем горизонте содержанием $C_{орг}$ (9 %) и $N_{общ}$ (0.85 %), характерным для сапропелевых отложений.

По гранулометрическому составу почва относится к классу легкосуглинистых. В небольшом количестве в почве присутствуют карбонаты, равномерно распределенные по профилю (рис. 3).

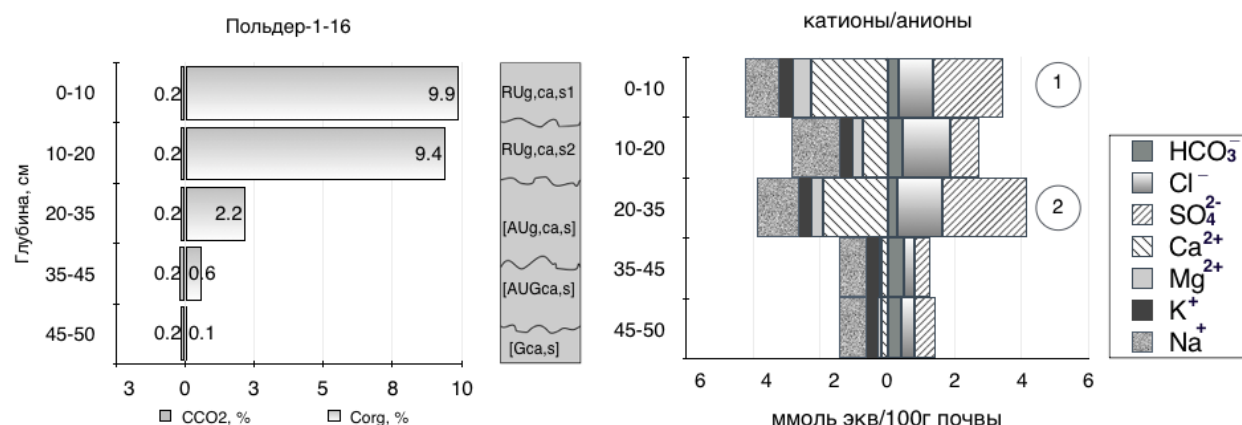


Рисунок 3. Диаграмма распределения углерода органических соединений и углерода карбонатов (в левой части) и легкорастворимых солей (в правой части) по почвенному профилю разреза «Польдер-1-16».

В солевом составе среди анионов отмечается преобладание SO_4^{2-} , содержание Cl^- также заметно (рис. 3). Среди катионов наибольший вклад в верхнем гумусовом горизонте и первом погребенном гумусовом горизонте принадлежит Ca^{2+} , в остальных горизонтах среди катионов преобладает Na^+ .

Так как сульфаты, скомпенсированные ионами кальция, считаются условно нетоксичными, то химизм засоления по анионам, который зависит от соотношения $Cl^-/SO_4^{2-}_{токс}$, в верхней части профиля относится к хлоридному типу. В нижних горизонтах в солевой вытяжке становится заметным содержание натрия так, что в соответствии с [11] химизм засоления – щелочного типа.

Солевые максимумы, наблюдаемые в распределении солей по профилю, соответствуют гумусовым горизонтам, первый – верхнему стратифицированному (обозначен цифрой 1 на рис. 3), второй – естественному погребенному (под цифрой 2 на рис. 3). Вероятно, в данном случае можно с уверенностью говорить о прогрессивном характере направленности процесса засоления.

Сумма солей и сумма токсичных солей во всем профиле позволяют отнести почву к слабозасоленным. Засоление на участке, представленном разрезом «Польдер-1-16», имеет диффузный характер распространения, а почва может быть классифицирована как темно-гумусово-глеевая стратифицированная засоленная на озерных суглинках.

Самыми любопытными в отношении вопроса происхождения ростовских приозерных засоленных почв являются разрезы вблизи Троице-Сергиева Варницкого мужского монастыря.

В историческом аспекте варницкий колодец знаменит тем, что до XVIII столетия здесь существовал солеваренный завод, где вываривалась соль [14] и в настоящее время это место отнесено к памятникам археологии Ростовского района Ярославской области как одно из редких мест соляного промысла Центральной России [12].

Следы построек, которые отмечают исследователи в конце XIX века, кроме самого колодца, не сохранились, но в почве часто встречаются артефакты в виде «отходов солеваренного промысла» [12] диаметром до 80 мм, раскрошенной кирпичной кладки др.

Как пишет А.А. Титов, знаменитый краевед-ростовец XIX в., «при монастыре Троицком, почва в иных местах настолько пропитана солью, что, кажется, покрыта белым налетом, а в летний солнечный день блестит искрами» [20].

Разрезы «Варницы-1-16» и «Варницы-2-16» располагаются в старицеобразном понижении долины р. Ишня в 4 м на запад и в 5 м на восток от варницкого колодца, соответственно.

В составе структуры растительных сообществ на участке исследования встречаются виды характерные для засоленных местообитаний: триостренник морской (*Triglochin maritima*), бескильница расставленная (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.).

Глубина колодца по состоянию на 22.09.2016 составляет 165 см, что приблизительно отвечает глубине пруда (2¼ аршина), о котором упоминается в составе объектов производственной зоны солеварения [14]. Уровень воды в разрезах примерно совпадает с уровнем воды в колодце (35 см). Вода в колодце и разрезах соленая. По классификации природных вод Алекина [1] вода в колодце по степени минерализации (12 г/л) относится к соленоватым водам, по преобладающему аниону – к 3-ему классу (хлоридных вод), по преобладающему катиону – к натриевой группе, по ионному соотношению – к III типу. Участок исследования принадлежит к очаговым формам разгрузки минерализованных вод.

Почвы разрезов вблизи колодца отличаются значительным содержанием органического вещества и карбонатов (рис. 4), вероятно, являющихся следствием гидроморфных позиций профилей и гидрохимического состава грунтовых вод. Карбонаты имеют гидрогенное происхождение, морфологически проявляются в виде новообразований диаметром от 3 до 8 мм.

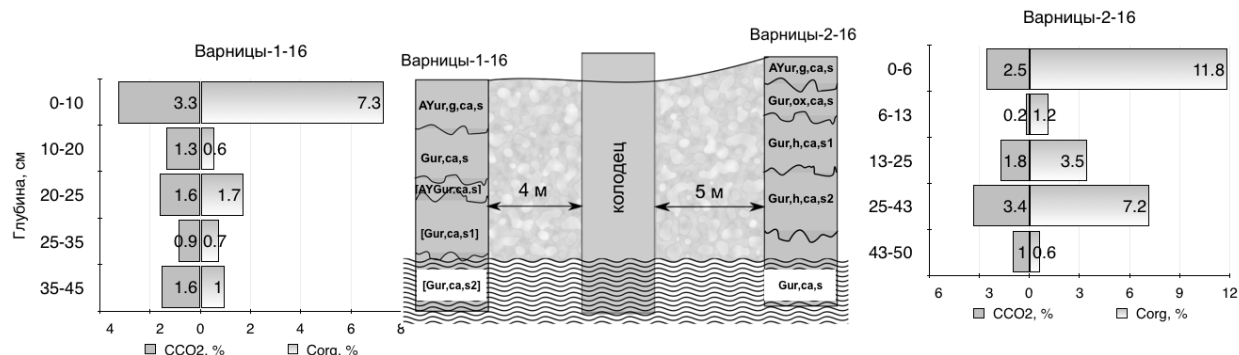


Рисунок 4. Расположение разрезов «Варницы-1-16» и «Варницы-2-16» относительно колодца и уровня грунтовых вод (в средней части), диаграмма распределения углерода органических соединений и углерода карбонатов по профилю в разрезах «Варницы-1-16» (в левой части) и «Варницы-2-16» (в правой части).

По общей сумме солей в верхнем гумусовом горизонте (1.39 % в разрезе Варницы-1-16 и 0.81 % в разрезе Варницы-2-16) почвы относятся к очень сильной и сильной степени засоления, по сумме токсичных солей в верхнем гумусовом горизонте (0.68 % в разрезе Варницы-1-16 и 0.27 % в разрезе Варницы-2-16) – к сильной и средней степени засоления.

В первом разрезе почва представляет собой серогумусово-глеевую засоленную на погребенной серогумусово-глеевой засоленной, во втором разрезе – серогумусово-глеевую засоленную.

Помимо высокого содержания солей в первом профиле отмечается три солевых максимума (рис. 5). Как правило, при интерпретации подобных профилей говорят о чередовании длительных процессов засоления и рассоления [15]. В данном случае однозначной тенденции в отношении направления миграции солей картина солевого профиля не отражает. Здесь присутствие зон накопления солей в профиле может, с одной стороны, означать пульсирующий тип засоления: процесс засоления сменялся рассолением, например, вследствие организации дренажных мероприятий (следы таковых имеются на участке исследования). С другой стороны, такой характер солевого профиля возможен и при постоянно-прогрессивном типе засоления, который был прерван локально в результате погребения почвенного профиля, о чем может говорить приуроченность максимума (1) к современному гумусовому горизонту AYur,g,ca,s, а максимума (2) – к погребенной прогумусированной части профиля – горизонту [AYGur,ca,s], вероятно, представляющему верхний (или часть верхнего) горизонт профиля до погребения. Вследствие присутствия на участке значительных следов планировки (перемещения земляных масс) заключение о направленности процесса засоления можно делать с учетом данных глубокого бурения и мониторинга почвы и воды колодца.

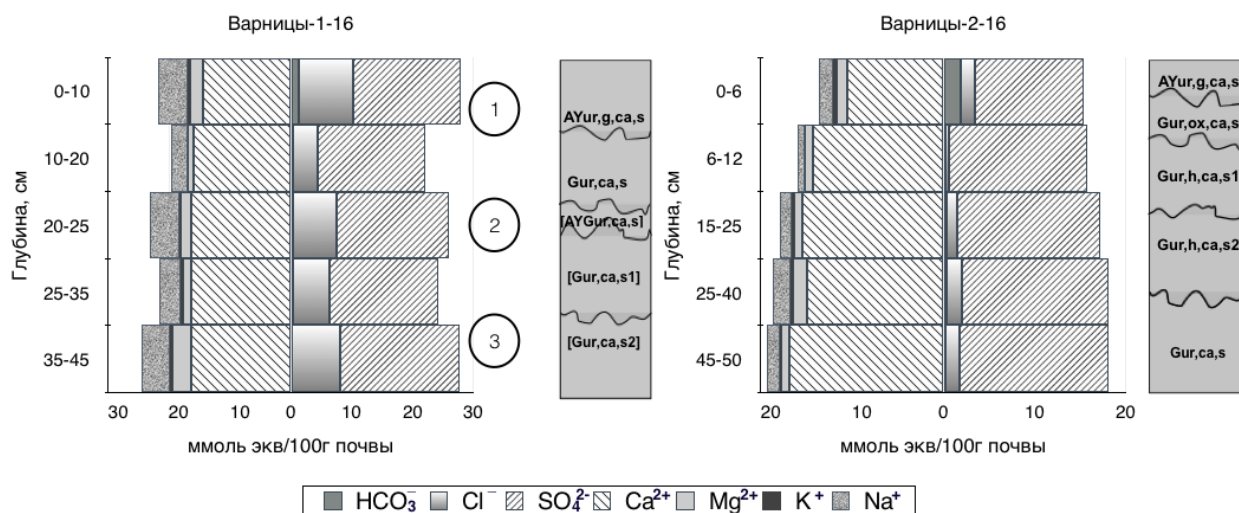


Рисунок 5. Диаграмма распределения легкорастворимых солей по почвенному профилю разрезов «Варницы-1-16» (слева) и «Варницы-2-16» (справа).

Разрез «Варницы-2-16» занимает более высокую позицию по отношению к уровню соленых грунтовых вод (рис. 4), поэтому верхняя часть профиля испытывает их влияние в меньшей степени и представлена окисленно-глеевым горизонтом, располагающимся сразу под гумусовым. По сумме токсичных солей этот профиль относится к менее засоленным (степень засоления варьирует по профилю от средней степени засоления до незасоленной в окисленно-глеевом горизонте).

В обоих профилях присутствует неоднородность химизма засоления по анионам, который зависит от соотношения Cl^-/SO_4^{2-} токс. Горизонты соответствуют сульфатному, сульфатно-хлоридному и хлоридному типам засоления. В самом грубом приближении хлоридный тип засоления имеют глеевые горизонты, контактирующие с грунтовыми водами (содержание SO_4^{2-} токс. в них мало вследствие практически полной компенсации анионов SO_4^{2-} катионами Ca^{2+}), тогда как сульфатный и сульфатно-хлоридный характерны для прогумусированных горизонтов и окисленно-глеевого. Такая неоднородность химизма засоления в профиле может быть вызвана как свойствами почвы, так и колебаниями в химическом составе воды, которые имеют место в режиме грунтовых вод вследствие такого неглубокого колодца [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные на сегодняшний день исследования показали, что в Ростовской низине, по-прежнему, вопреки закономерностям, обусловленным климатическим фактором (коэффициент увлажнения >1), встречаются ареалы засоленных почв.

Как справедливо отмечает К.Д. Глинка, часто в зональные почвенные типы «вклиниваются пятна» таких почв, «в образовании которых особенно выделилось участие местных (частных) почвообразователей, получивших перевес над общими зональными» [8, с. 162]. В данном случае значительное влияние близкого стояния грунтовых вод, их высокий уровень минерализации определили основные почвообразующие процессы – гидроморфизм и засоление, которые, в свою очередь, обеспечивают классификационную позицию исследуемых почв в отделе глеевых и подтипе засоленных. При этом конкуренция процессов засоления (результат частных факторов почвообразования) и выщелачивания (результат общего климатического фактора) сохраняет баланс вещественного состава почвы на том уровне, при котором в ближайшее время сомнительно превращение озерной котловины в сплошной солончак [21], но который, тем не менее, не позволяет говорить об исчезновении явления существования засоленных почв в Ростовской низине.

Особенности формирования почвенных разностей среди исследованных засоленных почв складываются в зависимости от сочетания таких составляющих, как положение в рельефе, гидрохимический состав грунтовых вод, водопроницаемость почвообразующей породы, эффективность выполненных дренажных мероприятий.

Обладая морфологическим профилем, близким к зональным типам почв гидроморфных позиций, они существенно отличаются от своего аналога – «ростовского приозерного чернозема» по содержанию солей.

Засоленные почвы этого района представлены в двух вариантах в зависимости от типа разгрузки напорных межпластовых вод – очаговое или диффузное. В первом случае, наблюдается более высокая степень засоления, во втором – образуются менее засоленные почвы, но более проблемные с точки зрения выявления их ареалов, мониторинга и проведения мелиорационных мероприятий.

В общем случае, уровень засоления этих почв не настолько велик, чтобы приводить к деградации растительного покрова, хотя в некоторых случаях он находит отражение в изменении его структуры за счет появления галофитных видов. Скорее, более серьезная проблема здесь видится в ухудшении качества водоносных горизонтов и поверхностных вод, дренирующих засоленные почвы в этом районе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алекин О.А.* К вопросу о химической классификации природных вод // Вопросы гидрохимии. Тр. НИУ ГУГМС. 1948. Сер. 4. Вып. 32. С. 25–39.
2. *Атлас Ярославской области* / сост. и подгот. к изд. Главным управлением геодезии и картографии; ст. ред. С.Н. Солдатов. – М.: Главное управление геодезии и картографии государственного геологического комитета СССР (ГУГК), 1964. – 28 с.
3. *Барышева А.А.* Бассейн озера Неро (физико-географическая характеристика). Автореф. дис. ... канд. геогр. н. М., 1953. 15 с.
4. *Бернштейн Б.Л.* Огородные земли вокруг Ростовского озера Неро // Вестник Ярославского земства. 1903. № 7–8. С. 226–231.
5. *Бернштейн Б.Л.* Описание главнейших почвенных типов Мышкинского, Угличского, Моложского, Ярославского и огородного района Ростовского уездов Ярославской губернии // Вестник Ярославского земства. 1905. № 5. С. 46.
6. *Бернштейн Б.Л.* Состав воды растворов «усолов» Ростовского уезда Ярославской губернии и соленосных родников того же края // Дневник XII съезда русских естествоиспытателей и врачей. 1910. № 10. С. 624.

7. *География почв и почвенное районирование* центрального экономического района СССР / под ред. Добровольского Г.В., Урусевской И.С. М.: Изд-во Московского университета, 1972. 469 с.
8. *Глинка К.Д.* О почвенных исследованиях как элементе земельно-оценочных работ // Почвоведение. 1900. № 2, С. 158–170.
9. *Горский И.И.* О соляных источниках губерний. Вологодской, Костромской, Ярославской, Нижегородской и Владимирской. Материалы по общей и прикладной геологии, Вып. 26, Ленинград: Геологический комитет, 1926, 16 с.
10. *Григорьев С.* Озера Ростовского уезда // Ботанико-географическое землеведение. 1903. кн. II–III. С. 163–192.
11. *Засоленные почвы России* / [Е.И. Панкова, Л.А. Воробьева, И.М. Гаджиев и др.]; отв. ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова – М.: Академкнига, 2006, 853 с.
12. *Каретников А.Л.* Варницкая слобода г. Ростова и Троице-Варницкий монастырь в XV–XVII вв.: перспективы комплексного изучения // Мат-лы конф. «Преподобный Сергей, «родом ростовец...». Ростов, 2014. С. 314–324. URL: <http://sergiy.rostmuseum.ru/sb/17.pdf> (дата обращения 30.01.2017).
13. *Кордэ Н.В.* Типологическая характеристика отложений озера Неро // Труды лаборатории сапропелевых отложений. 1956. Вып. VI. С. 141–160.
14. *Лествицын В.* Ростовские варницы. Ярославль, 1886. 25 с.
15. *Мякина Н.Б., Аринушкина Е.В.* Методическое пособие для чтения результатов химических анализов почв. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 62 с.
16. *Ошанин М.* Два слова о народном почвоведении // Почвоведение. 1900. № 2. С. 131–134.
17. *Рохмистров В.Л.* Подземные воды Ярославского района // Краеведческий сборник. Ученые записки ЯГПИ. Вып. 71. 1968. С. 73–92.
18. *Руководство по лабораторным методам исследования* ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв / под ред. Хитрова Н.Б. и Понизовского А.А. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1990. 236 с.
19. *Матинян Н.Н., Русаков А.В., Керзум П.П.* Основные черты строения почвенного покрова Ярославского Поволжья // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. Сер. 3, Биология. Вып. 1. 1996. С. 74–86.
20. *Титов А.А.* Ростовский уезд Ярославской губернии. Историко-археологическое и статистическое описание с рисунками и картой уезда. М., 1885. 625 с.
21. *Флеров А.Ф.* Ботанико-географические очерки. III. Ростовский край // Землеведение. 1903. т. 10. кн. 2-3. С. 193–218.

Выражаем благодарность за техническую поддержку в выполнении аналитических исследований лаборатории Ресурсного центра «Методы анализа состава вещества» Научного парка СПбГУ (проект № 108-6981).

Работа рекомендована д.г.н., проф. А.В. Русаковым.

СОСТАВ И СВОЙСТВА ЛАБИЛЬНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО КАМЕННОЙ СТЕПИ

Е.Л. Соколовская

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Ключевые слова: чернозем обыкновенный, лабильные гумусовые вещества, элементный состав, степень окисленности, фракция, молекулярная масса, средневесовая молекулярная масса

ВВЕДЕНИЕ

Органическое вещество почвы относится к числу важнейших факторов, обеспечивающих устойчивое функционирование природных и антропогенных экосистем. Среди разнообразных компонентов, формирующих органическую часть почвы, особое положение занимают лабильные гумусовые вещества (ЛГВ). Они представляют собой динамичный, относительно легкотрансформируемый и в тоже время наименее изученный комплекс органических соединений почвы, образующийся при разложении и гумификации органических остатков, корневых выделений, продуктов автолиза и метаболизма почвенной биоты [4].

Входящие в состав ЛГВ компоненты участвуют в образовании водопрочной структуры, проявляют физиологическую активность, служат непосредственным источником элементов питания и энергетическим материалом для почвенной биоты, выполняют защитную функцию по отношению к консервативным, устойчивым гумусовым соединениям почвы [5, 10]. Поэтому детальное изучение ЛГВ, выяснение их состава и свойств имеет важное теоретическое и практическое значение.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами наших исследований служили черноземы обыкновенные территории землепользования НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева, расположенного в Таловском районе Воронежской области. Смешанные образцы были отобраны из горизонта А чернозема на участке залежи существующей с 1882 года из пахотных горизонтов чернозема неорошаемого 10-польного зерно-паро-пропашного севооборота, орошаемого 7-польного кормового севооборота, орошаемых 10-летних бессменных посевов кукурузы на зерно возделываемой с удобрениями и без внесения удобрений [3]. ЛГВ выделяли из почвенных образцов с помощью 0.1 н. раствора NaOH без предварительного декальцирования почвы при соотношении почва:раствор = 1:20. Очистку вытяжки от коллоидных частиц проводили с помощью центрифугирования и фильтрацией через бактериальные свечи. Для удаления катионов-примесей из экстракта органических веществ использовали катионит КУ-23 в H^+ -форме, после чего раствор выпаривали при 45 °С. Элементный состав определяли на автоматическом CHN-анализаторе, молекулярно-массовое распределение – с помощью гель-фильтрации на декстрановых гелях (сефадексG-75), теплоту сгорания и молекулярные массы рассчитывали по эмпирическим формулам [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Элементный состав является важнейшей характеристикой любого органического соединения. Однако до настоящего времени элементный состав ЛГВ изучен недостаточно и его характеристике посвящены отдельные работы [9]. В большинстве случаев исследователи ограничиваются определением содержания углерода и азота в ЛГВ или же определяют элементный состав их отдельных компонентов, например лабильных гуминовых кислот [2]. Полученные данные показали, что в элементном составе ЛГВ залежного черно-

зема преобладал водород, на долю которого приходилось 46.1 ат. %, вторым по значимости элементом являлся углерод, содержание его составило 32.3 ат. %, меньше всего содержалось азота – 2.7 ат. %, а количество кислорода равнялось 18.9 ат. % (табл. 1).

Таблица 1. Элементный состав лабильных гумусовых веществ обыкновенных черноземов Каменной степи (атомные проценты).

Вариант	C	H	N	O	H:C	O:C	C:N	Ω	Теплота сгорания, кал/г
Залежь	32.3	46.1	2.7	18.9	1.43	0.59	12.0	–0.26	3996
Неорошаемая почва	29.2	45.1	2.2	23.5	1.55	0.81	13.3	+0.07	2662
Орошение, севооборот с многолетними травами	31.0	44.7	2.9	21.4	1.44	0.69	10.7	–0.06	3525
Орошение, бессменная кукуруза + N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	33.6	44.6	2.5	19.3	1.33	0.57	13.4	–0.18	3971
Орошение, бессменная кукуруза без удобрений	32.6	45.8	2.6	19.0	1.41	0.58	12.5	–0.24	3964

Судя по величине отношения Н:С равной 1.43 и степени окисленности (ω) –0.26 ЛГВ чернозема залежи являлись плохо окисленными соединениями в составе которых преобладали алифатические компоненты. Величина теплоты сгорания равнялась 3996 кал/г.

Длительное использование чернозема обыкновенного в неорошаемом земледелии оказало заметное влияние на элементный состав лабильных гумусовых веществ. Это проявилось в уменьшении количества углерода, водорода и азота на 3.1, 1.0 и 0.5 ат. %, соответственно, тогда как содержание кислорода возросло с 18.9 до 23.5 ат.%. В связи с этим увеличились атомные отношения элементов: Н:С с 1.43 до 1.55, О:С с 0.59 до 0.81, С:Н с 12.0 до 13.3. Такой характер трансформации элементного состава свидетельствовал об обеднении ЛГВ пахотного неорошаемого чернозема азотсодержащими компонентами и включении в их состав преимущественно алифатических соединений, обогащенных кислородсодержащими группами. В целом трансформация молекул ЛГВ пахотной почвы носило ясно выраженный окислительный характер, о чем можно судить по величине степени окисленности, изменившейся с –0.26 до +0.07.

По сравнению с ЛГВ неорошаемой почвы ЛГВ орошаемого чернозема в севообороте с многолетними травами содержали меньше кислорода, больше углерода и азота на 2.1, 1.8 и 0.7 ат. %, соответственно. Судя по уменьшению величин атомных отношений Н:С до 1.44 и С:Н до 10.7, а также изменению степени окисленности с +0.07 до –0.06 трансформация ЛГВ в этом варианте обусловлена включением в их состав недоокисленных циклических азотсодержащих структур. Величина теплоты сгорания увеличилась до 3525 кал/г.

ЛГВ варианта с удобряемой бессменной кукурузой отличались самым высоким содержанием углерода – 33.1 ат. % и самой низкой величиной отношения Н:С равной 1.33, при этом величина отношения С:Н равнялась 13.4 и являлась одной из самых высоких. Это свидетельствовало о том, что ЛГВ данного варианта в наибольшей мере были обогащены циклическими структурами, но обеднены азотсодержащими функциональными группами. Величина теплоты сгорания равнялась 3971 кал/г и была одной из самых высоких.

ЛГВ чернозема в варианте с неудобряемой бессменной кукурузой по элементному составу были довольно близки к ЛГВ чернозема залежи, включая и величину теплоты сгорания.

Таким образом, ЛГВ варианта орошаемая бессменная кукуруза + N₂₀₀P₁₀₀K₁₀₀ содержали меньше всего азота и характеризовались самым широким отношением С:Н. Следовательно, при внесении высоких доз минеральных удобрений микрофлора наиболее активно использовала азот лабильных гумусовых веществ.

Сопоставление элементного состава ЛГВ чернозема обыкновенного с элементным составом основных групп гумусовых веществ показало, что между ними имеются определенные различия (табл. 2).

Таблица 2. Средний элементный состав различных групп гумусовых веществ, атомные проценты.

Группа	C	H	N	O	H:C	C:N	ω	Авторы
Гуминовые кислоты черноземов	42.5	35.2	2.4	19.9	0.83	17.7	+0.13	[7]
Фульвокислоты черноземов	30.9	40.6	2.2	26.3	1.42	14.0	+0.34	[7]
Новообразованные гуминовые кислоты	33.3	45.4	2.7	18.6	1.36	12.3	-0.25	[1, 6, 7]
Лабильные гумусовые вещества	31.7	45.3	2.6	20.4	1.43	12.2	-0.13	наши данные

Важной характеристикой органических веществ является молекулярная масса, служащая для оценки их почвенно-геохимических функций. [7]. Молекулярные массы фракций ЛГВ и их относительное содержание приведены в табл. 3.

Таблица 3. Молекулярно-массовый состав лабильных гумусовых веществ обыкновенных черноземов Каменной Степи.

Вариант	Номер фракции	Молекулярная масса, а.е.м.	Относительное содержание, %	Средневесовая молекулярная масса, а.е.м.
Залежь	I	34 500	62.6	33 360
	II	4 160	16.6	
	III	1 190	7.4	
	IV	500	4.4	
	V	280	9.0	
Неорошаемая почва	I	50 690	73.4	49 350
	II	4 160	26.6	
Орошение, севооборот с многолетними травами	I	50 690	70.5	49 370
	II	4 160	24.0	
	III	1 590	1.6	
	IV	500	3.3	
	V	340	0.6	
Орошение, бессменная кукуруза + N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	I	50 690	35.5	41 920
	II	28 460	25.5	
	III	5 040	27.1	
	IV	3 430	6.6	
	V	610	1.8	
	VI	410	3.5	
Орошение, бессменная кукуруза без удобрений	I	61 430	31.7	47 630
	II	28 460	34.9	
	III	8 970	7.5	
	IV	5 040	23.0	
	V	2 330	2.9	

ЛГВ чернозема залежи состояли из пяти фракций, среди которых абсолютно преобладала фракция с молекулярной массой 34 500 а.е.м. и относительным содержанием 62.6 %. Следующей по значимости являлась вторая фракция с ММ 4 160 а.е.м. и относительным содержанием 16.6 %. На долю каждой из остальных трех фракций с ММ 1 190, 500 и 280 а.е.м. приходилось менее 10 %. Величина средневесовой молекулярной массы ЛГВ чернозема залежи составила 33 360 а.е.м. Поскольку шкала градаций ЛГВ по молекулярным массам не разработана, то в качестве ориентировочных значений можно принять,

что фракции с $MM < 1\,000$ а.е.м. относятся к низкомолекулярным, $1\,000\text{--}15\,000$ к среднемолекулярным и с $MM > 15\,000$ а.е.м. к высокомолекулярным. Если исходить из этого, то ЛГВ чернозема залежи, имеющие высокую степень дисперсности, преимущественно состояли из высоко- и среднемолекулярных фракций на долю которых приходилось почти 87 % от массы вещества, а на долю низкомолекулярных фракций – немногим более 10 %.

ЛГВ неорошаемого чернозема состояли в отличие от чернозема залежи всего из 2 фракций, из которых абсолютно преобладала высокомолекулярная фракция с $MM\ 50\,690$ а.е.м. и относительным содержанием 73.4 %. На долю второй среднемолекулярной фракции с $MM\ 4\,160$ а.е.м. приходилось 26.6 %. Средневесовая MM ЛГВ пахотного неорошаемого чернозема была выше, чем у чернозема залежи и равнялась $49\,350$ а.е.м.

По молекулярно-массовому составу ЛГВ чернозема орошаемого севооборота с многолетними травами с одной стороны были очень похожи на ЛГВ неорошаемого чернозема. Это проявляется в том, что в их составе абсолютно преобладала высокомолекулярная фракция с $MM\ 50\,690$ и относительным содержанием 70.5 %, а второй по значимости являлась среднемолекулярная фракция II с $MM\ 4\,160$ а.е.м. и относительным содержанием 24.0 %. С другой стороны наряду с этими фракциями, определяющими особенности молекулярно-массового состава ЛГВ чернозема орошаемого севооборота с многолетними травами, в их составе присутствовали новые фракции с $MM\ 1\,590$, 500 и 340 а.е.м. с относительным содержанием 1.6, 3.3 и 0.6 %, соответственно. Величина средневесовой MM ЛГВ равнялась $49\,370$ а.е.м.

В варианте с орошаемой бессменной кукурузой + $N_{200}P_{100}K_{100}$ ЛГВ характеризовались самой высокой степенью дисперсности и состояли из 6 фракций. В их составе преобладала первая фракция с $MM\ 50\,690$ а.е.м., относительное содержание которой составило 35.5 %. На долю второй фракции с $MM\ 28\,460$ а.е.м. приходилось 25.5 %. Всего вклад высокомолекулярных фракций в состав ЛГВ чернозема составил 61 %. Следующей по значимости в составе ЛГВ являлась среднемолекулярная третья фракция, имеющая $MM\ 5\,040$ а.е.м. с относительным содержанием 27.1 %. Средний размер молекул имела и 4 фракция MM которой составляла $3\,430$ а.е.м. с относительным содержанием 6.6 %. Всего на долю среднемолекулярных фракций приходилось 33.7 %. В очень незначительных количествах в составе ЛГВ этого варианта содержались низкомолекулярные фракции с $MM\ 610$ и 410 а.е.м. с общим относительным содержанием около 5 %. Величина средневесовой MM ЛГВ чернозема варианта с орошаемой бессменной кукурузой + $N_{200}P_{100}K_{100}$ была несколько меньше, чем ЛГВ других пахотных почв и равнялась $41\,920$ а.е.м.

ЛГВ чернозема варианта с бессменной кукурузой, возделываемой без удобрений, состояли из 5 фракций, молекулярные массы которых в большинстве случаев отличались от MM ЛГВ других вариантов. Характерной особенностью их молекулярно-массового состава, как и ЛГВ неорошаемого чернозема, являлось то, что они состояли только из высоко- и среднемолекулярных фракций. Преобладали в составе ЛГВ высокомолекулярные фракции, представленные фракциями с $MM\ 61\,430$ и $28\,460$ а.е.м. с относительным содержанием 31.7 и 34.9 %, соответственно. Всего на долю высокомолекулярных фракций приходилось 66.6 % от массы ЛГВ. Среди среднемолекулярных фракций преобладала фракция с $MM\ 5\,040$ а.е.м. с относительным содержанием 23.0 %. На долю фракций с $MM\ 8\,970$ и $2\,330$ а.е.м. приходилось 7.5 и 2.9 %, соответственно. Средневесовая MM ЛГВ чернозема с орошаемой бессменной кукурузой, возделываемой без удобрений составила $47\,630$ а.е.м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лабильные гумусовые вещества чернозема обыкновенного с естественным протеканием почвообразовательного процесса относились к слабовосстановленным соединениям, в составе которых преобладали алифатические компоненты. Они характеризовались высокой степенью дисперсности и состояли из 5 фракций с $MM\ 280$, 500 , $1\,190$, $4\,160$ и $34\,500$ а.е.м. При длительном сельскохозяйственном использовании чернозема в неоро-

шаемом земледелии в связи с ежегодными обработками усиливаются окислительные процессы трансформации органического вещества почвы. В результате этого происходит минерализация низкомолекулярных азотсодержащих органических соединений и уменьшается степень дисперсности ЛГВ, в состав которых входят только средне- и высокомолекулярные фракции, обогащенные кислородсодержащими и алифатическими группировками. Это ведет к увеличению степени окисленности и средневесовой молекулярной массы ЛГВ и уменьшению их энергетического потенциала. Вовлечение старопахотного чернозема в орошаемое земледелие обуславливает изменение условий гумусообразования, что отражается на составе и свойствах лабильных гумусовых веществ. По сравнению с ЛГВ неорошаемого чернозема в ЛГВ орошаемых почв увеличивались как содержание углерода на 1.8–4.4 ат. %, так и содержание азота на 0.3–0.7 ат. %, тогда как содержание кислорода снизилось на 2.1–4.5 ат. %. Судя по изменению величины отношения Н:С с 1.55 до 1.33–1.44 и степени окисленности с + 0.07 до (–0.06)–(–0.24), ЛГВ в условиях орошения обогащались плохо окисленными компонентами содержащими циклические структуры, что сопровождалось увеличением теплоты сгорания. Изменения ЛГВ в орошаемых условиях были обусловлены включением в их состав новых фракций органических веществ, отсутствующих в составе ЛГВ залежного и неорошаемого чернозема. При этом в севообороте с многолетними травами в состав ЛГВ в наибольшей мере включались соединения, обогащенные азотсодержащими функциональными группами, тогда как высокие дозы минеральных удобрений усиливали минерализацию азота ЛГВ. В наибольшей мере трансформация молекулярно-массового состава ЛГВ под влиянием орошения происходила при возделывании бессменной кукурузы и касалась в первую очередь средне- и низкомолекулярных фракций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багаутдинов Ф.Я., Хазиев Ф.Х. Состав, свойства гуминовых кислот целинных и пахотных почв и новообразованных гумусовых веществ //Биологические науки. 1991. № 10. С. 136–141.
2. Козут Б.М. Масютенко Н.П. Элементный состав лабильных гуминовых кислот черноземов// Почвоведение. 1991. № 1. С.91–94.
3. Мамонтов В.Г. Орошаемые черноземы и каштановые почвы: состав, свойства и процессы трансформации. М.: РГАУ-МСХА, 2013. 290 с.
4. Мамонтов В.Г., Родионова Л.П., Быковский Ф.Ф., Сирадж А. Лабильное органическое вещество почвы: номенклатурная схема, методы изучения и агроэкологические функции // Известия ТСХА. 2000. Выпуск № 4. С. 93–108.
5. Мамонтов В.Г., Афанасьев Р.А., Родионова Л.П., Быканова О.М. К вопросу о лабильном органическом веществе почв // Плодородие. 2008. № 2 (41). С. 20–22.
6. Назарова А.В. О трансформации гуминовых кислот в почвах //Органическое вещество почв и методы его исследования. Ленинград. 1990. С. 11–19.
7. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
8. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 272 с.
9. Поляков А.М., Мухина С.В., Мамонтов В.Г., Антонов Е.М. Особенности трансформация органического вещества черноземов под влиянием антропогенеза // Агроэкологические функции органического вещества почв и использование органических удобрений и биоресурсов в ландшафтном земледелии. Владимир. 2004. С. 212–215.
10. Wander M. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function // Soil organic matter in sustainable agriculture. 2004. P. 67–102.

Работа рекомендована д.б.н., проф. В.Г. Мамонтовым.

НЕФТЕПРОДУКТЫ И ЛЕГКОРАСТВОРИМЫЕ СОЛИ В БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ (НА ПРИМЕРЕ САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

К.И. Сорокина

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Статья посвящена изучению основных закономерностей изменения болотных почв в районах нефтедобычи (на примере Самотлорского месторождения). В работе ставятся задачи анализа изменения свойств болотных почв, связанных с разливами сырой нефти и пластовых вод, а также выявление трендов изменения свойств разновозрастных загрязненных почв по составу нефтепродуктов и легкорастворимых солей.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в нефтедобывающих районах на территории Западной Сибири все значительно увеличивается площадь территорий, загрязненных в результате добычи и транспортировки нефти и нефтепродуктов. Наибольшие по площади и степени проявления изменения природных систем приурочены к месторождениям, разработка которых ведется несколько десятков лет. Одним из таких месторождений является Самотлорское, в пределах территории которого доминирующее положение занимают болотные ландшафты. В результате нефтезагрязнения в болотных почвах происходят глубокие изменения морфологических, физико-химических и микробиологических свойств, приводящие к деградации болотных ландшафтов в целом. Поскольку для восстановления болотных ландшафтов требуются десятки лет, а их рекультивация часто приводит к еще более необратимым последствиям, исследования нефтезагрязненных болотных почв нефтедобывающих месторождений Среднего Приобья являются актуальными.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

За период полевых исследований нефтезагрязненных и фоновых почв на Самотлорском месторождении было заложено 29 почвенных разрезов и отобрано 70 почвенных образцов. Основными методами являлись сравнительно-географический, катенарный и метод площадного опробования. Почвенные образцы были отобраны геохимическим методом.

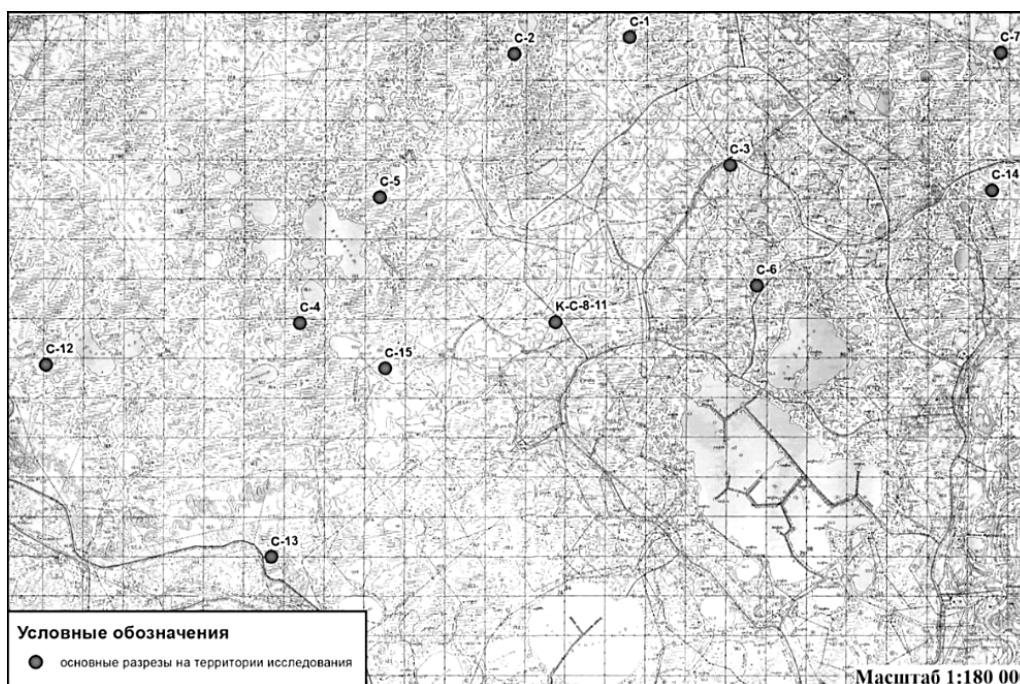


Рисунок 1. Карта мест сбора фактического материала.

Для выявления степени трансформации болотных почв нами были заложены разрезы почв в пределах водоразделов на разновозрастных разливах сырой нефтью, которые произошли в 2015, 2014, 2013 и 2000 годах (рис. 1). Участки, на которых произошли разливы в 2014, 2013 и 2000 годах, приурочены к верховым сосново-кустарничково-сфагновым болотам, с типичными для них олиготрофными торфяно-глеевыми почвами. Разлив нефти 2015 года приурочен к периферии верхового болота на глееземах типичных недифференцированных, сформированных под березовым редколесьем с разнотравьем в травянистом ярусе.

В отобранных образцах были проанализированы значения pH (водный), электропроводности, состава легкорастворимых солей (анионы CO_3^{2-} ; HCO_3^- ; Cl^- ; SO_4^{2-} и катионы Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+), общего содержания нефтепродуктов, а также тип нефтепродуктов. Для измерения общего содержания и состава легкорастворимых солей была приготовлена водная вытяжка 1:5 (20 г почвы: 100 см³ воды). В водной вытяжке проводилось измерение величины pH при помощи pH-метра, а электрической проводимости при помощи кондуктометра [1]. Количественное определение катионного и анионного состава легкорастворимых солей в водных вытяжках проводилось с помощью метода ионной хроматографии (хроматограф «Стайер»). Определение гидрокарбонат-иона проводилось методом кислотно-основного титрования, ионов кальция и магния – методом комплексонометрического титрования, иона натрия – методом атомной адсорбции на спектрометре с пламенной атомизацией «Analytik-Jena AG». Определение содержания нефти и нефтепродуктов производилось методом ИК-спектроскопии, заключающийся в экстракции нефтепродуктов четыреххлористым углеродом, хроматографическом отделении нефтепродуктов от сопутствующих органических соединений других классов, и количественном определении по интенсивности поглощения в ИК-области спектра. Тип нефтепродукта проводился путём люминесцентно-битуминологического анализа с использованием люминесцентного осветителя-источника ультрафиолетового излучения «Луч-2» и анализатора жидкости типа «Флюорат 02–2М».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Загрязнение почв нефтепродуктами на территории исследования

При анализе олиготрофных торфяно-глеевых почв, загрязненных при аварийных разливах нефти в разное время, были получены данные содержания нефтепродуктов (рис. 2).

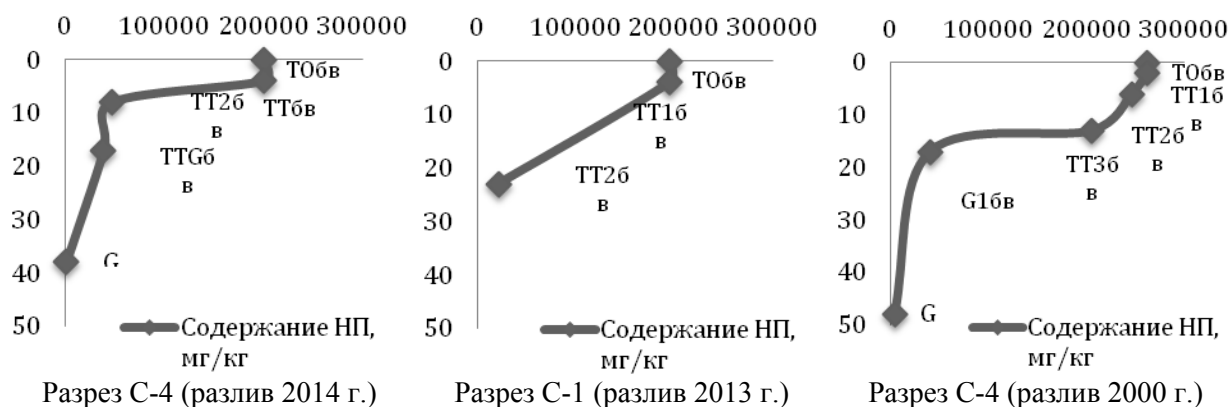


Рисунок 2. Содержание нефтепродуктов в олиготрофных торфяно-глеевых почвах разновозрастных разливов, мг/кг.

Полученные графики демонстрируют, что распределение углеводородов в почвенном профиле зависит главным образом от наличия в нём почвенно-геохимических барьеров. Наиболее распространённым барьером в исследуемых почвах является верхний органогенный сорбционный барьер, включающий очёс и торфяные горизонты, играющие роль барьера-аккумулятора. Для всех разрезов максимальные концентрации нефтепродуктов характерны для верхних органогенных горизонтов – 200000–260000 мг/кг, что

превышает региональные нормативы в 3.5–4.0 раза, а уровень загрязнения, согласно классификации Ю.И. Пиковского [2], является высоким или очень высоким.

С течением времени, при отсутствии рекультивационных мероприятий, происходит миграция нефтепродуктов в более глубокие почвенные горизонты и, в конечном итоге, нефть заполняет все поровое пространство торфяной толщи. Однако в нижележащих глеевых горизонтах нефтезагрязненных болотных почв концентрация нефти резко снижается, что объясняется наличием геохимического барьера-экрана.

Как было сказано, в загрязненных почвах определялись преобладающие типы нефтепродуктов, различающиеся по содержанию смолистых компонентов: 1 тип – легкие нефтепродукты с незначительным содержанием смолистых компонентов (типа дизельного топлива); 2 тип – нефтепродукты типа масел различной степени окисления; 3 тип – нефтепродукты с большим содержанием смолистых компонентов различной степени окисления. Данный анализ позволил сделать вывод о дифференциации фракционного состава нефти в почвенном профиле со временем. Так, для почв, испытавших загрязнение год и два года назад для всей почвенной толщи характерны нефтепродукты типа масел (2 тип). У почвы, испытавшей загрязнение 15 лет назад, верхнему органогенному горизонту свойственны нефтепродукты с большим содержанием смолистых компонентов (3 тип), а глеевому горизонту – нефтепродукты типа масел (2 тип). Это объясняется, во-первых, улетучиванием легких фракций, а во-вторых, окислением нефтепродуктов под действием микроорганизмов, в результате чего увеличиваются доля асфальто-смолистых компонентов нефти. Захоронение в глеевом горизонте более легких фракций нефтепродуктов по сравнению с асфальто-смолистыми компонентами связано с анаэробной обстановкой, тормозящей или замедляющей процесс окисления, поэтому более легкие фракции долго сохраняются в нижних частях почвенного профиля.

2. Засоление техногенных почв на территории исследования

Одновременное поступление с нефтепродуктами высокоминерализованных пластовых вод нарушают первоначальный солевой состав почв и провоцируют в почвах процесс техногенного засоления, который в научной литературе получил название «техногенный галогенез».

Распределение водорастворимых солей (рис. 3, 4, 5) со временем изменяется: происходит дифференциация легкорастворимых солей в почвенном профиле, как по количеству, так и по составу. Через год после загрязнения при радиальном распределении в почвенном субстрате основная масса солей приурочена к средней части профиля, поскольку в хорошо проницаемом торфе соли быстро вымываются из вышележащих горизонтов (рис. 3). Спустя два года после загрязнения содержание солей в почвенном профиле практически равномерно (рис. 4). В профиле болотной почвы, спустя 15 лет после разлива, в нижней части профиля наблюдается максимальное содержание солей, что также подтверждает дальнейшее активное вымывание солей со временем (рис. 5). Однако в данной почве появляется новый максимум солей в верхней части профиля и обеднение солями средней части.

Вместе с вымыванием солей происходит изменение солевого состава по горизонтам: в профиле загрязненных почв спустя год и два года доминируют ионы Cl^- и Na^+ , что объясняется большим содержанием данных ионов в пластовых водах Самотлорского месторождения (рис. 3, 4). Первичной геохимической дифференциации солей в почвенном профиле, проявляющейся с начала загрязнения, является такая закономерность, как миграция солей NaCl в нижнюю часть профиля.

Особенностью солевого профиля болотной почвы, загрязненной 15 лет назад, является доминирование в верхней и средней частях почвенного профиля аниона HCO_3^- , что связано с ростом щелочности, а также образованием соединений NaHCO_3 (рис. 5). Вероятнее всего, образование соды объясняется реакцией угольной кислоты H_2CO_3 , поступающей с атмосферными осадками и содержащегося в почвенном поглощающем комплексе Na^+ . Рост содержания гидрокарбонат-ионов также связан с микробиологическим разложением битуминозных веществ.

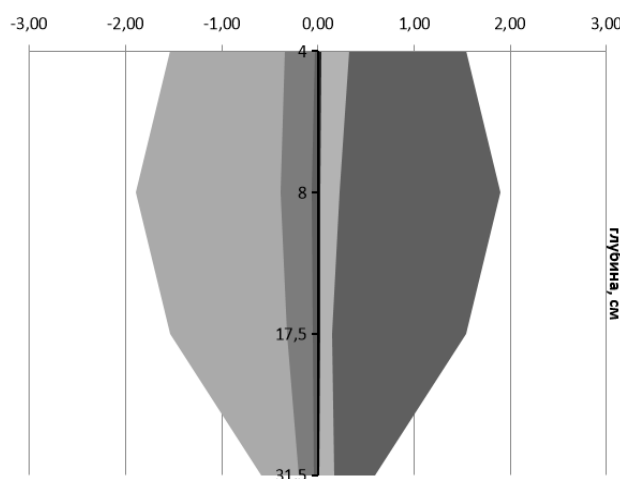


Рисунок 3. Распределение водорастворимых солей в профиле почв, загрязненных в процессе добычи нефти, спустя год (разрез С-5).

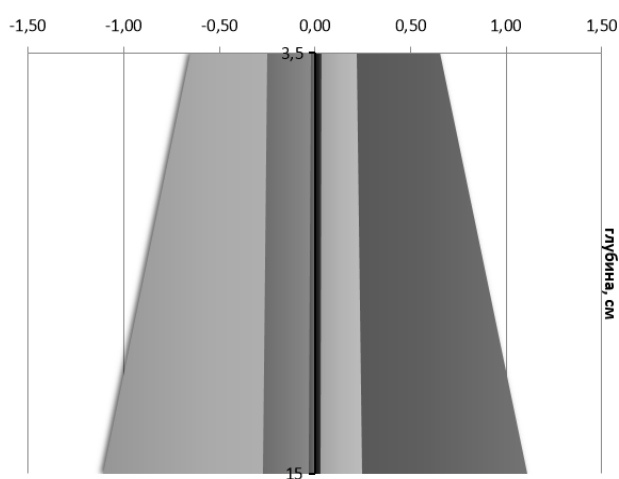


Рисунок 4. Распределение водорастворимых солей в профиле почв, загрязненных в процессе добычи нефти, спустя 2 года (разрез С-1).

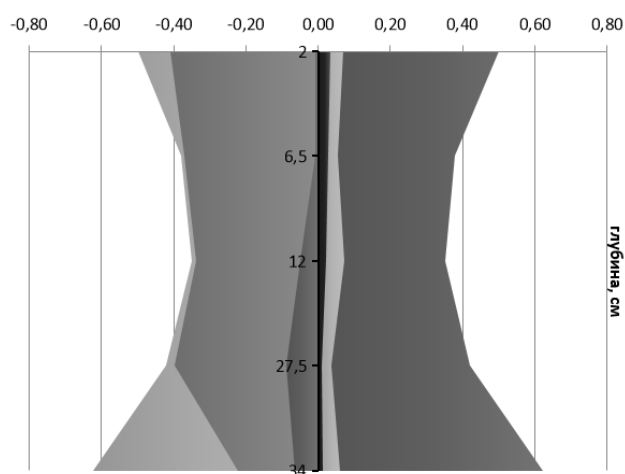
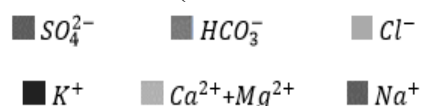


Рисунок 5. Распределение водорастворимых солей в профиле почв, загрязненных в процессе добычи нефти, спустя 15 лет (разрез С-4).

Основные ионы (мг-экв/100 г почвы):



Степень засоления поверхностных горизонтов болотных почв спустя год после загрязнения составляет 0.1 %, спустя 2 года – 0.04 %, а спустя 15 лет – 0.03 % (табл.). Это дает основание сделать вывод о низкой скорости рассоления олиготрофных почв в связи с высокой сорбционной емкостью торфов и слабой дренированностью болотных ландшафтов.

Таблица. Изменение физико-химических показателей почв разновозрастных разливов.

Сроки наблюдений после загрязнения	Сумма солей, %	HCO_3^- , мг-экв/100 г почвы	$HCO_3^- : Cl^-$	pHводн.	Na^+ , % от суммы катионов
Фоновые почвы (номер разреза)	0.005	0.34	1:0.1	4.3	15
Через 1 год	0.1	0.32	1:5	5.8	66
Через 2 года	0.04	0.23	1:3	6.3	74
Через 15 лет	0.03	0.4	1:0.2	6.2	86

В результате техногенного галогенеза происходит сдвиг показателей pH в более щелочную среду, что изначально обусловлено преобладанием в высокоминерализованных пластовых водах иона Na^+ . Затем внедрение натрия в ППК сопровождается вытеснением ионов H^+ и Al^{3+} , определяющих кислотные свойства почв [3]. Однако с течением времени снова происходит вторичное подщелачивание почв. Вымывание подвижных хлорид-ионов сопровождается ростом содержания гидрокарбонат-ионов, что приводит к измене-

нию бикарбонатной щёлочности почвенного раствора и постепенному вытеснению натрия из состава ППК, что при наличии в растворе анионов HCO_3^- приводит к образованию соды. Итак, установлено, что значения pH всех почв разновозрастных разливов увеличились на 1.5–2.0 единицы по сравнению с фоновыми почвами и колебались в пределах слабокислой–нейтральной среды (pH 6.0–6.6) с увеличением значений pH вниз по профилю (табл. 1). Таким образом можно утверждать, что болотные торфяные почвы устойчивы к кислотно-щелочным изменениям, поскольку органогенные горизонты данных почв обладают высокой исходной буферностью.

На территории месторождения при разливах сырой нефти формируются две техногенные геохимические аномалии – неустойчивая геохимическая аномалия засоления почв и устойчивая геохимическая нефтяная аномалия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование степени трансформации почв и почвенного покрова позволило сформулировать следующие выводы:

1. Нефтезагрязнение болотных почв Среднего Приобья приводит к битуминизации верхней торфяной толщи и образованию нефтяной прослойки на границе органогенного и глеевого горизонта вследствие наличия в почвах органогенного барьера-аккумулятора и барьера-экрана в виде глеевого горизонта. Трансформация химических свойств проявляется в подщелачивании: слабокислая реакция среды меняется на нейтральную и слабощелочную (сдвиг pH на 1.5–2.0 единицы), увеличении содержания легкорастворимых солей с 0.005 % до 0.1–0.2 %.

2. Максимальные концентрации нефтепродуктов приурочены к органогенному олиготрофно-торфяному горизонту болотных почв: спустя год после загрязнения остаточное содержание нефтепродуктов достигает 260000 мг/кг (превышение ПДК в 4 раза), что соответствует очень высокому уровню загрязнения. Спустя 15 лет после загрязнения высокий уровень загрязнения сохраняется и составляет 200000 мг/кг (превышение ПДК в 3 раза). В результате улетучивания и аэробного окисления нефтяных компонентов под действием микроорганизмов на поверхности почвы со временем происходит накопление высокосмолистых фракций нефти в верхней части профиля с сохранением более легких фракций типа масел с незначительным содержанием смолистых компонентов в нижней части профиля болотных почв.

3. Радиальная миграция нефтепродуктов в болотных почвах преобладает над латеральной, и основные ореолы загрязнения приурочены к аварийным разливам поллютантов.

4. При загрязнении сырой нефтью со временем происходит смена хлоридно-натриевого засоления на гидрокарбонатно-хлоридно-натриевое. Содержание легкорастворимых солей уменьшается с 0.1–0.2 % до 0.03–0.04 %. Исследования выявили, что скорость рассоления почв выше, чем скорость миграции нефти и их границы в профиле почв не совпадают, вследствие значительного количества осадков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кречетов П.П., Дианова Т.М. Химия почв. Аналитические методы исследования. МГУ, 2009, 149 с.
2. Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н., Чернянский С.С., Сахаров Г.Н. Региональная сравнительная оценка устойчивости почв к загрязнению углеводородами // Почвоведение, 2003, № 9.
3. Солнцева Н.П., Садов А.П. Закономерности миграции нефти и нефтепродуктов в почвах лесотундровых ландшафтов Западной Сибири // Почвоведение. – 1998. – № 8. – С. 996 – С. 1007–1008.

Работа рекомендована с.н.с. каф. геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ, к.г.н. Т.А. Пузановой.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

А.Р. Сулейманов

Московский государственный университет геодезии и картографии

В статье рассматриваются примеры применения геоинформационных технологий для оценки экологического состояния почв. В работе представлены результаты двух исследований: анализ содержания тяжелых металлов в почвах г. Уфы и моделирование антропогенного воздействия на почвенный покров Московской области, исследование которого, на настоящий момент продолжается. Во всех работах применяются геоинформационные системы, позволяющие смоделировать и визуализировать различные процессы.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день геоинформационные системы находят себя в различных сферах применения. Не исключением стала и такая важная область науки, как почвоведение. Современное активное использование почвенных ресурсов предъявляет высокое технологическое обеспечение. Для анализа почв, мониторинга за его состоянием и охраны, не обойтись без актуальных и современных картографических материалов. Так как экологические проблемы требуют безотложных действий, становится все более актуальным использование геоинформационных систем, позволяющие вести работу как на локальном (г. Уфа), так и на региональном уровне (Московская область). Обширный набор инструментов геоинформационной системы, функции ввода, накопления и хранения различных цифровых картографических материалов и атрибутивной информации, позволяет эффективно анализировать и использовать совокупность информации: разработку и создание картографических материалов, моделирование и визуализацию различных процессов и др.

В таких урбанизированных регионах, как Уфа и Московская область, экологическая обстановка является одной из актуальных социально-экономических проблем. Сильное влияние на состояние окружающей среды оказывают различные отрасли промышленности, активное расширение дорожно-транспортной сети, полигоны по захоронению бытовых отходов и др. В связи с вышеперечисленными факторами антропогенной нагрузки все больше территорий области подвержено негативным процессам, таким, как загрязнение, эрозия, истощение и т.д.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Одно из наших исследований заключалось в оценке содержания тяжелых металлов в почвенном покрове г. Уфы и созданию на основе этих данных серии карт. Для решения этой задачи был проанализирован почвенный покров в разных частях города для определения содержания в них свинца, меди, никеля, цинка, кадмия, ртути и мышьяка. В результате для каждого образца почв, взятых в различных частях города, имелись координаты, описание местоположения и соответствующие значения содержания тяжелых металлов. Далее эти данные импортировались в ГИС систему (ArcGIS), для дальнейшей работы по проектированию и созданию тематических карт. Для визуализации имеющихся данных был выбран метод интерполяции – способ нахождения промежуточных значений, с помощью имеющихся величин, распределенных по территории обследования. Полученные поверхности далее экспортировались в графические редакторы векторной графики (Adobe Illustrator), в которых оформлялись окончательные варианты карт. Результатом работ, помимо создания карт концентрации отдельных тяжелых металлов, стала карта суммарного содержания тяжелых металлов в почвенном покрове г. Уфы (рис. 1)

Для анализа антропогенного воздействия на Московскую область создан геоинформационный проект, который, на данный момент, насыщается и дополняется различной

информации, представленной в разных формах. На текущий момент основа проекта состоит из тематических слоев, которые можно условно разделить на две составляющие: антропогенные и природные объекты. В Московской области хорошо развита тяжелая, химическая, машиностроительная, металлургическая, атомная и другие отрасли промышленности, которые являются крупными источниками выбросов загрязняющих веществ. Большие объемы выбросов попадают в область и от столичных предприятий. Актуальным вопросом является проблема свалок и полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) [1]. В связи с этим, на текущем этапе спроектирован точечный слой (рис. 2), содержащий более сотни объектов, являющимися крупнейшими источниками загрязнения окружающей среды. Данные объекты идентифицированы из различных источников [2, 3] и разделены на несколько основных групп: крупнейшие источники загрязнения воздуха, сброса сточных вод и полигоны ТБО.

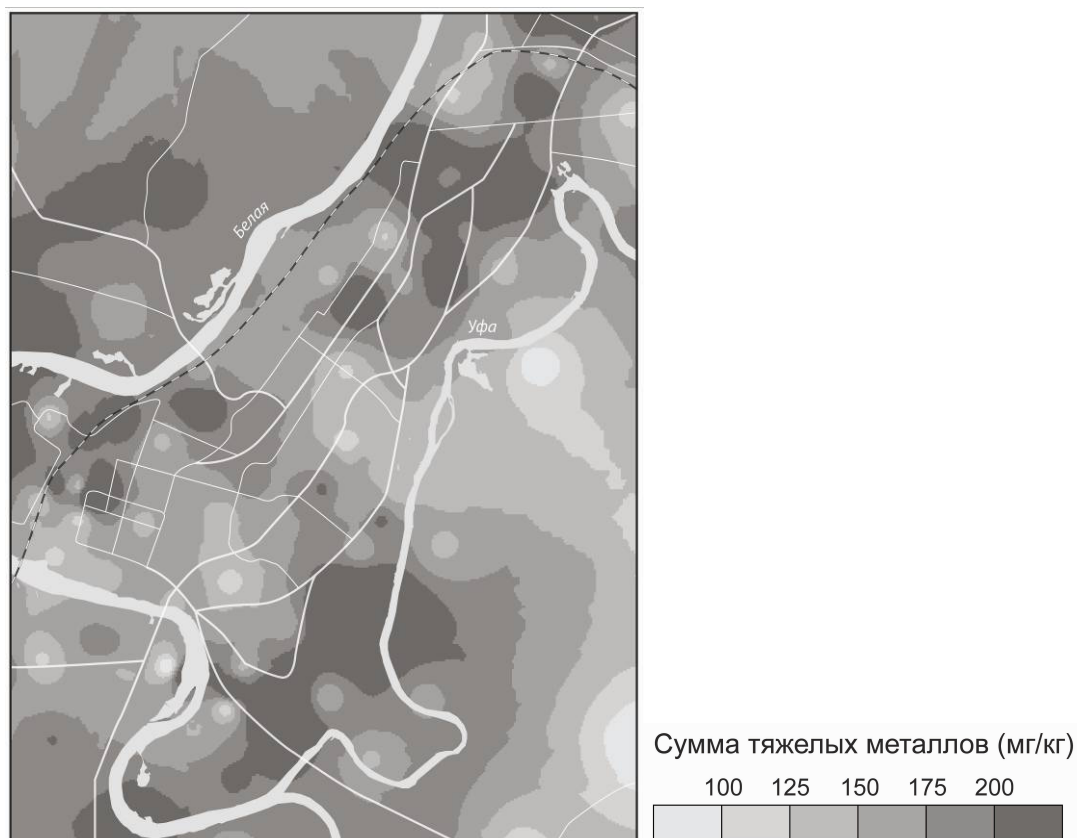


Рисунок 1. Карта содержания суммы тяжелых металлов в почвенном покрове г. Уфы.

Другим векторным слоем антропогенного влияния, является дорожно-транспортная сеть – один из крупнейших загрязнителей воздуха в Московском регионе. Загрязняющие вещества, источником которых являются выхлопные газы, испарения из топливных систем, попадают в атмосферный воздух и затем оседают на почве в радиусе до 300 м. В данной зоне наблюдается угнетенное состояние растительности, снижается их физиологическая активность, в почвенном покрове обнаруживаются превышение содержания предельно допустимых значений тяжелых металлов [4]. С помощью геоинформационной системы была смоделирована плотность дорожной сети области (рис. 2), которая позволила определить участки, на которые приходится наибольшее негативное воздействие.

Непосредственно для моделирования негативного влияния на природную среду, необходима информация о распространение природных объектов по территории всей области, представленных преимущественно в векторной форме. Для данной задачи переведены в векторную форму границы распространения лесов и лесных насаждений, земли сельскохозяйственного назначения и почвенный покров Московской области.

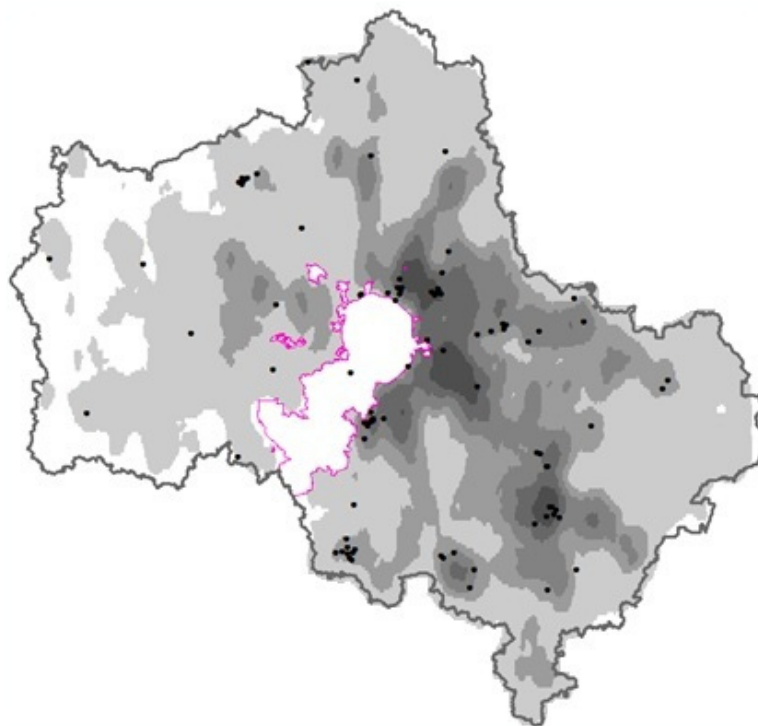


Рисунок 2. Моделирование плотности дорожной сети и объекты антропогенной нагрузки.

Геоинформационный проект позволяет анализировать негативную ситуацию не только для всей области, но и для отдельных ее регионов и городов. Так, в рамках одного из моделирования, нам была проанализирована антропогенная нагрузка на г. Серпухов, для которого были выявлены семь объектов, наиболее загрязняющие окружающую среду [2]. Для данных объектов условно, в соответствии с санитарными нормами [5], были построены буферные зоны – радиусы распространения загрязнения. Имея векторные полигоны земель сельскохозяйственного назначения, автоматизировано, подсчитаны площади земель, попадающие в данные зоны. Так, по результатам моделирования было выявлено, что в зоны попадают 2.6 км^2 сельскохозяйственных земель. Имея информацию о распространении почв, были подсчитаны типы почвенного покрова и площади, попадающие под негативное влияние. Такими явились дерново-слабоподзолистые (49.6 км^2), дерново-среднеподзолистые (3 км^2) и аллювиальные почвы (2.7 км^2).

В текущем исследовании активно используются картографические материалы прошлых годов: карты природных явлений, экологические карты. Так одной из важных для нас карт, является Карта загрязнений природной среды, почв Московской области, выпущенная в 1993 г. [6]. Для анализа антропогенной нагрузки на почвенный покров, наиболее ценными для нас являются сведения о загрязнение почв тяжелыми металлами. Данная информация представлена в виде ареалов, которые показывают распространение суммарного загрязнения, отображающее, во сколько раз содержание тяжелых металлов в почвах выше их фонового значения. Карта переведена в векторную форму и позволила нам проследить распространение загрязненных и эродированных почв, выявить причину и характер загрязнения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате для территории г. Уфы мы спроектировали серию актуальных и современных карт, отображающие содержания различных видов тяжелых металлов в почвенном покрове города. Результаты исследований позволили установить наличие и количество тяжелых металлов в почве, оценить масштабы загрязнения, выявить локализации наиболее и наименее опасных участков. На основе данных результатов была разработана карта суммарного содержания тяжелых металлов, позволяющая комплексно определить загрязнение на всю территорию города.

Для Московской области, на данный момент, на основе текущих наработок и верификации имеющихся данных: более сотни объектов антропогенной нагрузки, дорожно-транспортная сеть, карта загрязнений почв тяжелыми металлами, мы можем сделать вывод, что наиболее антропогенное воздействие окружающая среда и в частности, почвенный покров, испытывает в восточной и юго-восточной части области. Благодаря векторной почвенной карте, удалось выяснить, что на данных территориях располагаются преимущественно дерново-среднеподзолистые, дерново-сильноподзолистые, подзолисто-болотные, аллювиальные и светло-серые почвы. Данные сведения подтверждаются различными картографическими материалами [6, 7], отображающими различные сведения об экологическом состоянии природной среды Московской области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наибольшее негативное воздействие именно на восточную и юго-восточную часть Московской области обусловлено тем, что данные районы являются промышленными и индустриально развитыми. Другой существенный фактор – это направления ветров и гидрографии, имеющие траекторию движения с северо-запада региона на юго-восточную его часть. В свою очередь, северо-западные территории области менее загрязнены, так как, подхватывая различные загрязняющиеся вещества, ветра и воды несут их на восток и юго-восток Московской области. Также следует отметить, что большое количество вредных веществ поступают и от Москвы.

Для столицы Республики Башкортостан концентрации тяжелых металлов аналогично связаны с дорожно-транспортной системой, распространением заводов и предприятий. Перечисленные выводы были получены в результате комплексной оценки разных материалов и данных, с применением ГИС-технологий. На основе этого можно с уверенностью сказать, что геоинформационные системы дают большие возможности для моделирования и визуализации различных явлений, в частности, анализа экологического состояния окружающей среды и почвенного покрова.

В данной статье представлены далеко не полные возможности геоинформационных систем для оценки экологического состояния почв. Тем не менее, на сегодняшний день в экологии и почвоведении становится необходимым использование геоинформационных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Оценка экологического состояния почвенно-земельных ресурсов и окружающей природной среды Московской области*/ Под общей редакцией академика РАН Г.В. Добровольского, С.А. Шойбы. М.: Изд-во Московского университета, 2000. – 221 с.
2. *Министерство экологии и природопользования Московской области* – Информационный выпуск «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2015 году». [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://mep.mosreg.ru/meropriyatia/analiticheskie-doklady-i-obzory-informatsionnogo-kharaktera-podgotovlennye-ministerstvom/> (дата обращения 10.03.2017).
3. *РИА новости* – Мусорные полигоны и предприятия по переработке мусора в Подмосковье. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://ria.ru/spravka/20130624/943864222.html> (дата обращения 10.03.2017).
4. *База знаний по Москве и Московской области* – Автотранспорт как основной источник загрязнений в городе. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://urban.plandex.ru/avtotransport-kak-osnovnoj-istochnik-zagryaznenij> (дата обращения 10.03.2017).
5. *Библиотека гостей и нормативов* – Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/11/11774 (дата обращения 10.03.2017).

6. *Московская область. Загрязнение природной среды, почв* / Подгот. к печати ф-кой им. В.В. Дунаева, 1993 г.; Разработка, редакция и организация выпуска Сергея Каленикина; подгот. к изд. И. Ерошкина, Л. Дорофеевой. – [М.], 1993 (Ф-ка им. В.В. Дунаева). – 1 к. (1 л.): цв.: доп. карты, табл., текст; 70х107 см.
7. *Экологические карты Москвы и Подмосковья*. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.domrebenok.ru/blog/ekologicheskie-karty-moskvy-i-podmoskovya/> (дата обращения 10.03.2017).
8. *Атлас Московской области*. – М.:ГУГК, 1976. 40 с.

Работа рекомендована д.г.н., проф. И.А. Захаренко.

УДК 550.47+504.53

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ПОСЕЛКЕ БОЛЬШОЙ СОЛОВЕЦКИЙ АРХИПЕЛАГА СОЛОВЕЦКИЕ ОСТРОВА

А.Н. Трофимова, Ю.И. Андреева

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск

В рамках образовательного проекта «Комплексное развитие территории с уникальным природным и историко-культурным наследием на примере Соловецкого архипелага» были определены физико-химические параметры и проанализирован уровень загрязнения почв поселка Большой Соловецкий тяжелыми металлами (ТМ) и нефтепродуктами (НП). Слабокислые почвы п. Большой Соловецкий начинают зафосфачиваться. Это способствует накоплению в почвах тяжелых металлов (ТМ). Особенно активно накапливаются Pb и Zn. В целом в поверхностном слое почв отмечается допустимый уровень загрязнения исследованными техногенными поллютантами.

ВВЕДЕНИЕ

Соловецкий музей заповедник, как известно, включен в список объектов культурного наследия ЮНЕСКО. Экологический мониторинг природных сред Соловецких островов проводился неоднократно. Однако, в настоящее время актуальность исследований влияния антропогенной нагрузки на экологическое состояние окружающей среды Соловецких островов сильно возросла в связи с тем, что резко вырос поток туристов. Ежегодно Соловки посещает более 20 тысяч человек (в 2015 году – 32 тыс. человек), поэтому большинство экосистем архипелага испытывают все большую антропогенную нагрузку. Экологическую обстановку отягощает отсутствие сооружений водоочистки и мусоропереработки, четко сформулированной экологической политики администрации поселка и музея заповедника.

Цель исследования – изучение влияния антропогенной нагрузки на экологическое состояние почв п. Большой Соловецкий, для разработки комплекса мероприятий по её снижению.

Одним из источников антропогенного загрязнения в п. Большой Соловецкий архипелага Соловецкие острова является АЗС. По данным информации ФС по надзору в сфере природопользования от 23.04.2011 г. более 4.5 тонн дизтоплива и 80 куб. м нефтесодержащих вод собрано в рамках ликвидации нефтеразлива на Соловецких островах. Площадь загрязнения – 1 га. Причина – перелив нефтепродуктов через негерметично закрытую крышку горловины расходной емкости. Оценка ущерба – 6 млн руб. Поэтому исследование территории АЗС на наш взгляд является ключевым и отражает всю сущность ситуации.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны почвы п. Большой Соловецкий. Отбор почвенных образцов осуществлялся согласно ГОСТ 17-4-4-02-84 [1] в рамках образовательного проекта «Комплексное развитие территории с уникальным природным и историко-культурным наследием на примере Соловецкого архипелага» (Летняя школа САФУ на Соловках) в период с 1 по 10 июля 2016 года с пяти пробных площадей (ПП), заложенных по периметру равноудаленно от имеющейся в поселке АЗС (рис. 1). В качестве фоновой почвы был взят подбур оподзоленный грубогумусированный, находящийся в лесополосе ($65^{\circ}02'01.5''$ N, $35^{\circ}41'41.8''$ E).



Рисунок 1. Места отбора почвенных образцов

Химический анализ отобранных образцов был выполнен на базе лаборатории био-геохимических исследований при кафедре химии и химической экологии Высшей школы естественных наук и технологий САФУ. Гранулометрический состав почв определяли методом отмучивания по общепринятой методике [2]. Кислотность почвенного раствора (рН водной вытяжки) – согласно ГОСТ 26423-85 [3], определение подвижных форм фосфора – согласно ГОСТ 26207-91 [4], на кафедре лесоводства и почвоведения было проведено подробное описание почв и определены их типы.

Валовое содержание ТМ (Co, Ni, Mn, V, Pb, Zn, Cu, Fe, Cr, Ti, Sr) в почвах определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) согласно М 049-П/04 [5] с использованием спектрофотометра «СПЕКТРОСКАН-МАКС».

Определение массовой доли нефтепродуктов (НП) в пробах почв проводили флуориметрическим методом согласно ПНД Ф 16.1.21-98 [7] на анализаторе жидкости «Флюорат – 02».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценку экологического состояния почв поселка Большой Соловецкий проводили как по санитарно-гигиеническим показателям, так и с помощью биогеохимических коэффициентов и шкал экологического нормирования.

Анализ физико-химических параметров показал, что все исследованные почвы – слабокислые (рН колеблется от 4.6 до 6.1), различного гранулометрического состава (содержание физической глины колеблется от 8 до 92 %).

Фосфор является одним из важнейших биогенных элементов. Содержание его подвижных форм в почве – одна из ключевых характеристик её плодородия. Однако в настоящее время явно обозначился и сформировался новый процесс антропогенного загрязнения – увеличение содержания фосфора в почве – фосфоризация суши, что отрицатель-

но сказывается на состоянии почвенной биоты, снижает доступность для растений калия, железа, цинка, меди и других важнейших элементов питания. Оценка уровня обеспеченности и/или степени загрязнения (зафосфачивания) почв проводилась согласно шкале экологического нормирования подвижных форм фосфора [8].

В среднем на данной территории содержание подвижного фосфора составляет 425 мг/кг, уровень обеспеченности почв очень высокий и уже начинают прослеживаться первые этапы начала зафосфачивания территории. Это способствует накоплению в почвах ТМ за счет образования малорастворимых фосфатов. Кроме того, антропогенное зафосфачивание почв снижает доступность растениям элементов питания и микроэлементов, отрицательно сказывается на состоянии почвенной биоты (рис. 2).

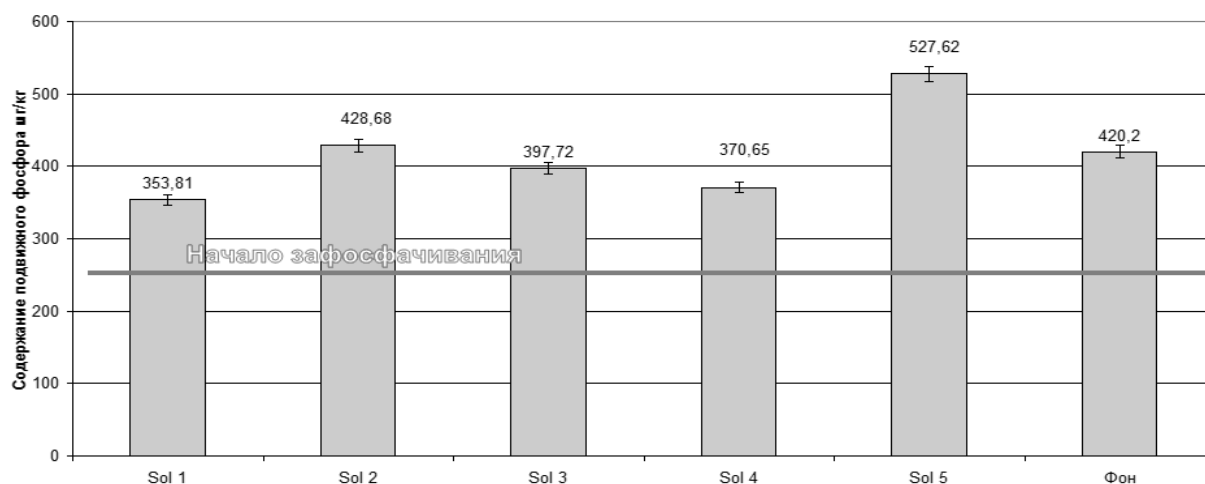


Рисунок 2. Содержание подвижного фосфора, мг/кг.

Подвижный фосфор в почве присутствует в виде как минеральных, так и органических соединений. К минеральным соединениям относятся соли орто- и полифосфорных кислот, к органическим – нуклеиновые кислоты, фосфолипиды и инозитофосфаты. Во всех почвах вокруг АЗС отмечается высокое содержание (около 80 %) самых подвижных форм фосфора (группы I и II), что представляет большую опасность вследствие миграции этих соединений в грунтовые воды. В то время, как в контрольной почве (фон) максимально содержание малоподвижных соединений фосфора. Вследствие низкого содержания гумуса в исследованных почвах обнаружено низкое (не превышающее 10 %) и практически равное содержание органических соединений фосфора (IV группа).

Для оценки степени загрязнения почвенного покрова п. Большой Соловецкий нефтепродуктами (НП) использовали градацию [9], разработанную на кафедре химии и химической экологии Высшей школы естественных наук и технологий САФУ. Данная градация учитывает низкую способность почв Евро-арктического региона к самовосстановлению.

В целом исследованные почвы относятся к слабо и средне загрязненным НП (табл. 1). При этом максимальное содержание НП обнаружено в почвах, взятых с тех ПП, на которых в 2011 году наблюдался разлив нефтепродуктов.

Небольшое загрязнение почв фоновой территории можно объяснить атмосферным переносом и физико-географическими особенностями. Следствие: слабая деструкция НП, и относительное накопление НП маломощными почвами (температура не способствует их разложению).

Мероприятия по рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, необходимо назначать с учетом критериев оценки экологической обстановки территорий. Однако сложность этой оценки определяется отсутствием в нашей стране обоснованных ПДК нефтепродуктов в почве. Для оценки загрязнения предлагается считать нижним пределом такое содержание нефтепродуктов, при котором за счет самоочищающей способности почвы в течение одного года восстанавливается продуктивность или нормализуются микробиологические процессы.

Превышение ПДК по большинству ТМ на исследуемой территории не наблюдается (табл. 2), исключение – Pb и Zn, валовое содержание которых в исследованных почвах колеблется от 1.3 до 6.9 ПДК.

Таблица 1. Концентрации НП и уровни загрязнения.

Типы почв	Концентрация НП, мг/кг	Уровень загрязнения
Подзол маломощный иллювиально-железисто-гумусовый песчаный на валунных отложениях (Sol 1)	34.65±15.59	Слабозагрязненные
Торфянистый подзол перегнойный маломощный песчаный иллювиально-железисто-гумусовый на валунных отложениях (Sol 2)	179.00±80.55	Среднезагрязнённые
Подбур оподзоленный супесчаный грубогумусированный на валунных отложениях (Sol 3)	160.50±72.23	Среднезагрязнённые
Подзол маломощный перегнойный иллювиально-железисто-гумусовый песчаный на валунных отложениях (Sol 4)	165.50±74.48	Среднезагрязнённые
Подзол перегнойный иллювиально-железисто-гумусовый песчаный глееватый (Sol 5)	93.00±41.85	Слабозагрязненные
Подбур оподзоленный грубогумусированный (Фон)	34.50±15.53	Слабозагрязненные

Таблица 2. Валовое содержание ТМ, мг/кг, в поверхностном слое почв п. Большой Соловецкий.

Почвы	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Sr
Sol 1	20	15	20	16	1.5	11331	233	65	30	1906	447
Sol 2	124	31	17	12	0.5	1.23	132	48	8.3	719	347
Sol 3	221	45	20.5	16.7	0	8603	140	72	44	2482	193
Sol 4	42	50	24	20	0	11331	160	53	21	935	163
Sol 5	123	34	21	17	0	13569	121	60	19	1456	232
Фон	18	33	27	24	3	28187	343	79	58	2278	330
ПДК (МУ 2.1.7.730-99)	32	87	53	85	50	н/д	1500	н/д	150	н/д	н/д
Кларк	10	50	20	40	80	46500	850	200	100	6000	400

Во всех исследованных почвах согласно коэффициента концентрации активно накапливался свинец (K_c от 1.1 до 12.28). Это может быть обусловлено тем, что свинец до 2002 года использовался в качестве присадки к топливу для повышения его октанового числа и при разливе НП, попал в сопредельные среды, в том числе и в почвы.

Степень загрязнения почв ТМ определялась по ориентировочной оценочной шкале опасности загрязнения почв, используя суммарный показатель загрязнения (Z_c), рассчитанный относительно фоновых значений. Установлено, что все исследуемые почвы имеют допустимый уровень загрязнения (рис. 3). При этом максимальное загрязнение ТМ, отмечено в почвах ПП 3 (Sol 3), где ранее и произошел разлив НП.

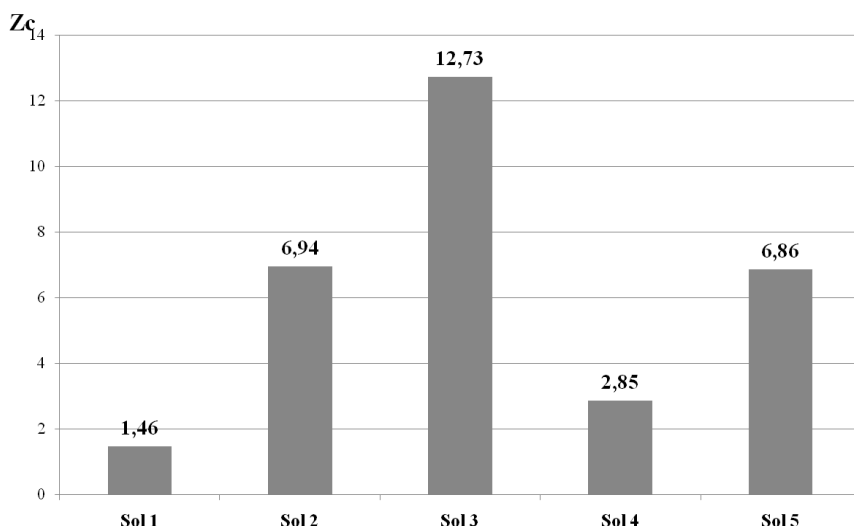


Рисунок 3. Суммарный показатель загрязнения почв ТМ (по валовому содержанию относительно фона).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в рамках образовательного проекта «Летняя школа САФУ на Соловках» были определены физико-химические параметры и проанализирован уровень загрязнения почв поселка Большой Соловецкий тяжелыми металлами (ТМ) и нефтепродуктами (НП) вокруг одного из источников антропогенного загрязнения – АЗС. Исследованные почвы имеют очень высокое содержание подвижных соединений фосфора и уже наблюдаются начальное зафосфачивание территории. В почвах содержится около 80 % подвижных фосфатов (фосфаты щелочных металлов и разноосновные фосфаты кальция), что представляет большую опасность вследствие миграции этих соединений в грунтовые воды. В целом в поверхностном слое почв отмечается допустимый уровень загрязнения техногенными поллютантами: они слабо и средне загрязнены НП, особенно активно в них накапливаются Pb и Zn (1.3–6.9 ПДК).

В целом, первичное обследование почв Большого Соловецкого острова показало существенное влияние антропогенной нагрузки на химическое загрязнение почв, поэтому данную работу необходимо продолжить. Для этого нужно провести дополнительный поиск источников антропогенного загрязнения, осуществить закладку тест-полигонов для проведения эколого-химического мониторинга и разработки рекомендаций по улучшению экологической ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *ГОСТ 17.4.4.02-84*. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки почв для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. Постановление Госкомитета СССР по стандартам от 19.12.1984, № 4731. – М.: Стандарт информ, 2008. – 8 с.
2. *Ващенко, И.М.* Практикум по основам сельского хозяйства. / И.М. Ващенко, К.П. Ланге, М.П. Меркулов. – М.: Просвещение, 1982. – 399 с.
3. *ГОСТ 26423-85*. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. Постановление Госкомитета СССР по стандартам от 08.02.1985, № 283. – М.: Изд-во Стандартов, 1985. – 10 с.
4. *ГОСТ 26207-91*. Почвы. Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – Введ. с 01.07.8 – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 7 с.
5. *М 049-П/04*. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. СПб.: ООО НПО «Спектрон», 2004. 20 с.

6. *РД 52.18.289-90*. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. [Электронный ресурс]. Утвержден Государственным комитетом СССР по гидрометтеорологии. – М., 1990. – Режим доступа: http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_16135.htm (дата обращения 10.12.2016)
7. *ПНД Ф 16.1.21-98*. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». – М.: НПФ «Люмэкс», 1998. – 17 с.
8. *Трофимова А.Н.* Особенности накопления и закрепления соединений фосфора в почвах прибрежных территорий Белого и Баренцева морей / Трофимова А.Н., Попова Л.Ф. // Труды Архангельского центра Русского Географического Общества. Сборник научных статей посвящен 305-летию со дня рождения Михаила Васильевича Ломоносова. – А.: АЦ РГО, 2016. – 368 с.
9. *Попова Л.Ф.* Химико-аналитическая оценка загрязнения нефтепродуктами и тяжелыми металлами почв Евроарктического региона / Л.Ф. Попова, Ю.И. Андреева, С.С. Попов // сборник материалов IV Международной научно-практической конференции 4–5 декабря 2014 года. – М.: ИИУ МГОУ, 2014. – 364 с.

Работа рекомендована д.б.н., к.х.н., проф. Л.Ф. Поповой.

УДК 631.8:631.417.1:631.412

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ГУМУСА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

Н.В. Ускова

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

В данной работе изучалось влияние различных систем удобрения на содержание активных компонентов гумуса и физико-химические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, а также на урожай бессменно возделываемых озимой ржи и картофеля. Различие во влиянии систем удобрения на изучаемые параметры подтверждается расчетом НСР. Теснота и направление связи изучаемых параметров с урожайностью определены при помощи коэффициента корреляции.

ВВЕДЕНИЕ

Длительные полевые опыты являются уникальной базой для наблюдения за состоянием плодородия почв во времени, они позволяют провести комплексное изучение органического вещества почвы в динамике, в связи с меняющимися не только климатическими и почвенными условиями, но и экономическими возможностями хозяйств и стран в целом. Углерод органического вещества почвы определяет ее главное свойство – плодородие, а значит, оказывает прямое воздействие на урожай и продовольственную безопасность населения [1].

Применение органических и минеральных удобрений является наиболее действенным фактором окультуривания малоплодородных почв [4]. Удобрения оказывают сильное воздействие на физико-химические свойства почв. Внесение минеральных удобрений повышает актуальную и гидролитическую кислотность, снижает сумму поглощенных оснований, а применение органических или совместное в севообороте использование органических и минеральных удобрений снижает все формы кислотности в почве, повышает сумму поглощенных оснований за счет повышения содержания в ней катионов Са и Mg [2].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования был выбран длительный полевой опыт РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, заложенный профессором А.Г. Дояренко в 1912 году.

Образцы почв были отобраны в 2015 году с делянок, занятых бессменно возделываемыми озимой рожью и картофелем. Для исследования были выбраны 4 системы удобрения. ОМ – органоминеральная (навоз 20 т/га, N – 100 кг/га, P – 150 кг/га, K – 120 кг/га); О – органическая (навоз 20 т/га); М – минеральная (N – 100 кг/га, P – 150 кг/га, K – 120 кг/га); КВ – контрольный вариант (без удобрений). Образцы были отобраны с известкованных (+И) и неизвесткованных (–И) участков.

В работе были использованы следующие методы: определение содержания углерода органических соединений методом Тюрина, определение содержания лабильного углерода методом Дьяконовой при помощи пиродиффосфатной вытяжки, определение содержания подвижных гумусовых веществ по схеме Тюрина в модификации Пономаревой и Плотноиковой, определение содержания углерода, экстрагируемого горячей водой, по методу Кёршинса, определение pH солевой вытяжки, определение обменной и гидролитической кислотности, определение содержания подвижного алюминия по методу Соколова, определение содержания нитратного азота потенциометрическим методом, аммонийного азота – по методу ЦИНАО, определение подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе всех полученных результатов было проведено наглядное сравнение влияния систем удобрения на все изучаемые компоненты. По количественным значениям содержания активных компонентов гумуса и урожайности культур ниже представлены рис. 1–6 (слева представлены рисунки для озимой ржи, справа – для картофеля).

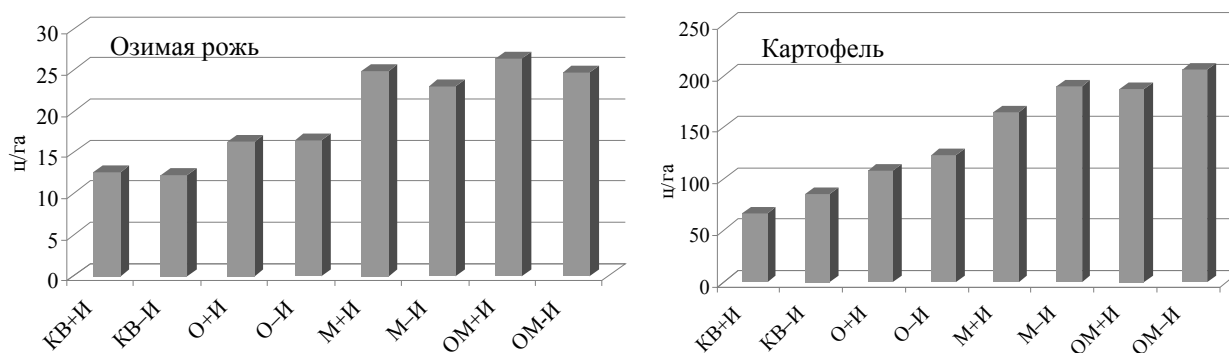


Рисунок 1. Урожайность изучаемых культур, ц/га.

Здесь и далее: слева – для озимой ржи, справа – для картофеля.

По рис. 1–6 видно, что система удобрения повлияла на все активные компоненты гумуса, причем можно выделить следующую закономерность. Во всех случаях наилучшей оказалась органоминеральная система удобрения, хотя в некоторых вариантах у нее нет достоверных отличий от органической. По всем вариантам, где не проводилось известкование, для обеих культур обнаружено большее количество углерода, в известкованных вариантах углерода меньше. Величина урожайности картофеля также больше в неизвесткованных вариантах, что подтверждено значениями коэффициентов корреляции, все они значимы и говорят о достоверном влиянии системы удобрения на урожайность картофеля. А вот величина урожайности озимой ржи, наоборот, в известкованных вариантах меньше, что обусловлено требованиями культуры. Таким образом, можно утверждать, что влияние содержания активных компонентов гумуса на урожайность озимой ржи очень слабое.

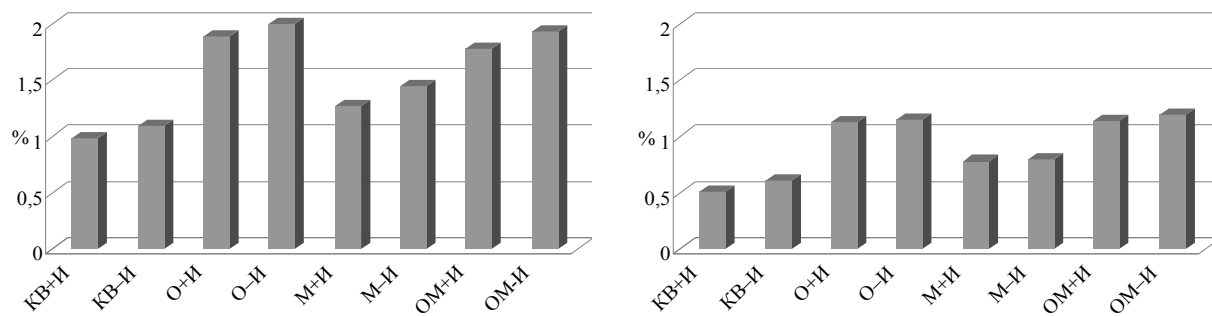


Рисунок 2. Содержание углерода органических соединений, %.

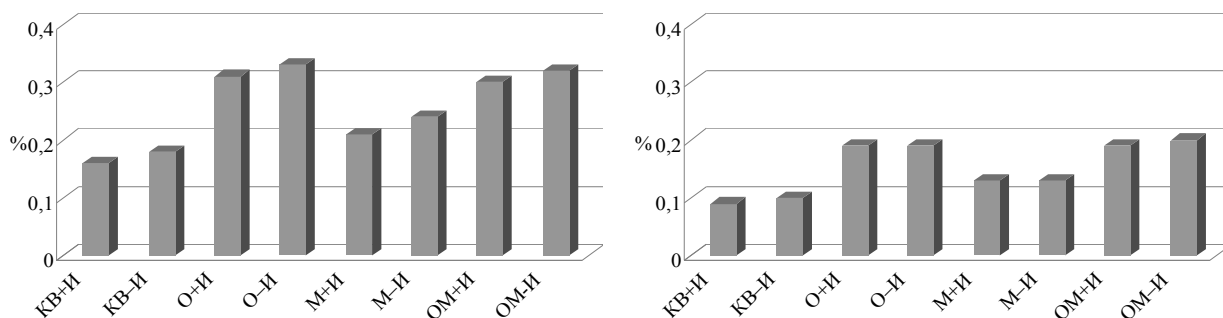


Рисунок 3. Содержание лабильного углерода, %.

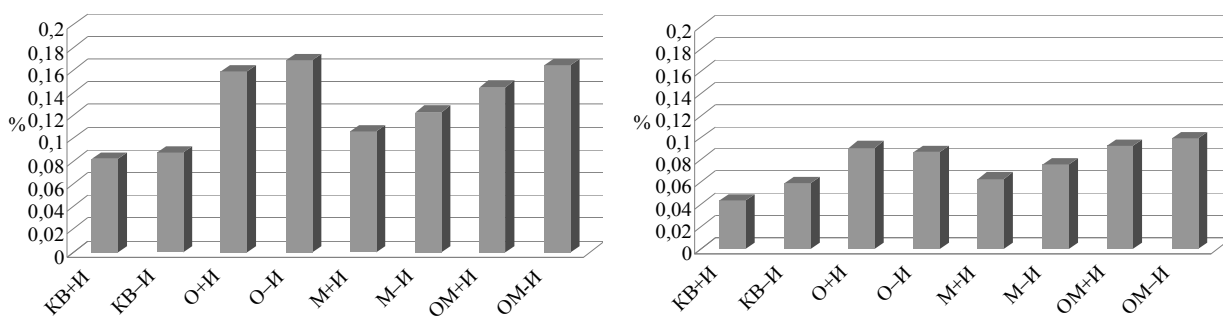


Рисунок 4. Содержание углерода гуминовых кислот, %.

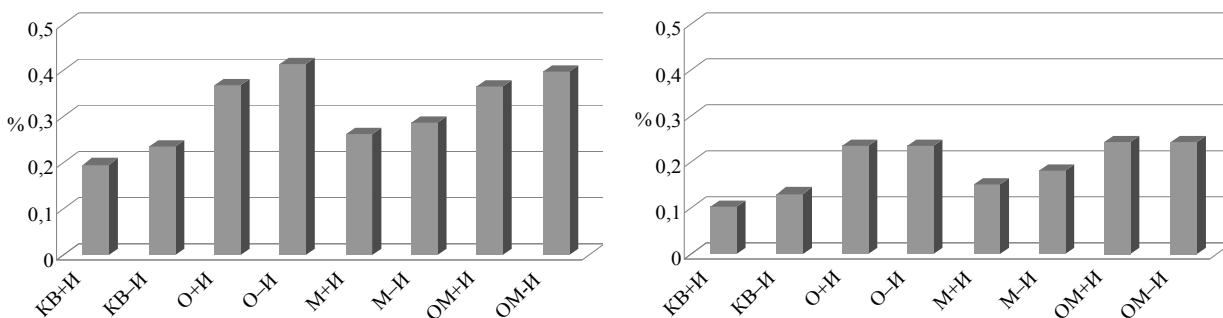


Рисунок 5. Содержание углерода фульвокислот, %.

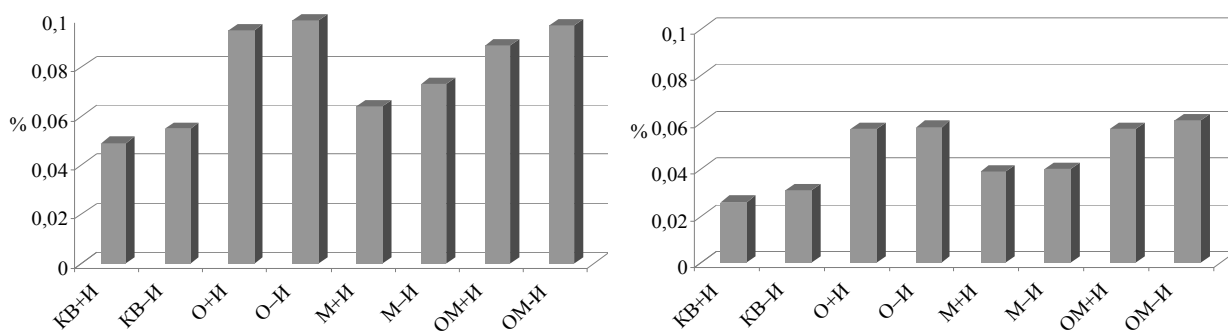


Рисунок 6. Содержание углерода, экстрагируемого горячей водой, %.

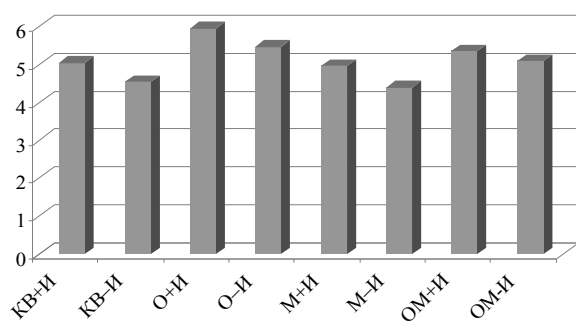


Рисунок 7. pH_{KCl} почвы под озимой рожью (слева) и картофелем (справа).

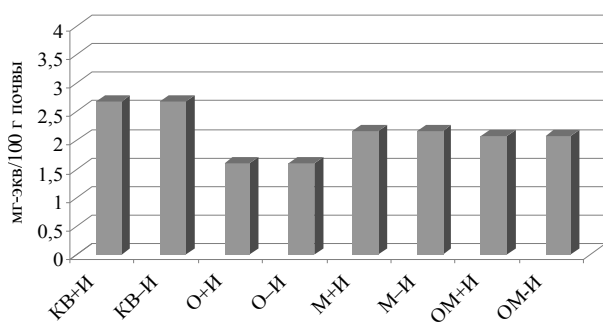


Рисунок 8. Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы.

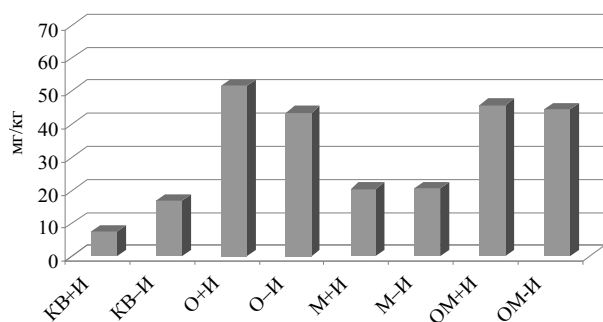


Рисунок 9. Содержание аммонийного азота, мг/кг почвы.

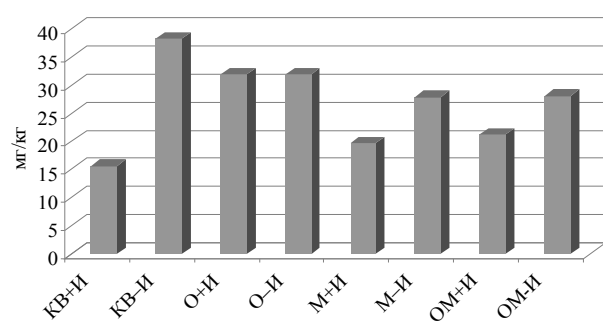


Рисунок 10. Содержание нитратного азота, мг/кг почвы

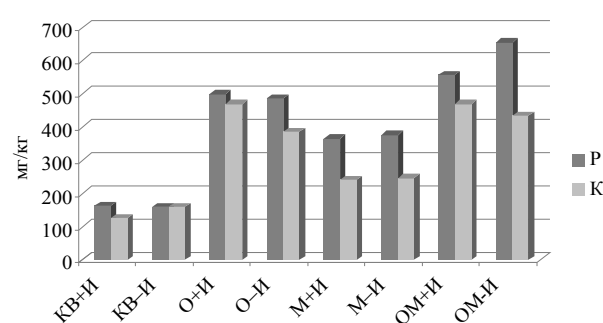


Рисунок 11. Содержание подвижных форм фосфора и калия, мг/кг почвы.

По рис. 7–11 видно, что рН влияет на величину урожайности очень слабо, это подтверждается и величиной коэффициента корреляции, значение которого близко к нулю. А вот гидролитическая кислотность ограничивает величину урожайности, ее наибольшее значение в контрольном варианте сопряжено с наименьшим значением урожайности для обеих культур. Значение коэффициента корреляции для картофеля четко подтверждает это утверждение, связь обратная и достаточно тесная. А вот для озимой ржи влияние статистически не подтверждено. Что касается содержания подвижных форм элементов питания, то по диаграммам видно, что большее количество фосфора, калия и аммонийного азота соответствует органоминеральной и органической системам удобрения. Для картофеля влияние содержания питательных элементов подтверждается величиной коэффициента корреляции, связь наблюдается тесная, для фосфора, калия и аммонийного азота – прямая, а для нитратного азота – обратная.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Содержание активных компонентов гумуса, подвижных форм азота, фосфора и калия, а также урожайность по всем вариантам для обеих культур больше в органоминеральной системе удобрения.

2. Наибольшая величина гидролитической кислотности обнаружена в контрольном варианте и соответствует наименьшей урожайности обеих культур.

3. $pH_{КС1}$ не повлиял на величину урожайности исследуемых культур, что подтверждается коэффициентом корреляции близким к 0.

4. Коэффициент корреляции по остальным параметрам значим, а его значение говорит о наличии тесной связи.

5. Системы удобрения достоверно отличаются друг от друга по результатам расчета НСР.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Державин Л.М.* Роль химизации и биологизации земледелия в отечественном производстве с/х продукции и обеспечение продовольственной безопасности РФ // *Агрохимия* – 2010 – № 9. – с. 3 – 18;
2. *Капинос В.А., Зейлигер А.М., Смирнов Г.В., Карева О.В.* Изменение физических свойств дерново-подзолистой почвы под влиянием органических удобрений и способов обработки // *Почвоведение*. – 1990. – № 5. – с. 139 – 152;
3. *Никитишен В.И.* Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистемы. – М.: Наука, 2002. – 260 с.;
4. *Черников В.А.* Комплексная оценка гумусового состояния почв. – *Известия ТСХА*. – 1987. – № 6. – с. 83 – 94.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. В.А. Черниковым.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ЛАНТАНА
НА БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЯЧМЕНЯИ.А. Фастовец^{1,2}, А.Д. Котельникова^{1,2}, О.Б. Рогова¹, Н.И. Сушков^{1,3},
Д.С. Волков³, М.А. Проскурнин³, Е.Б. Пашкевич²¹Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва,²Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова,³Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

В настоящей работе проводили вегетационный опыт с растениями ячменя, выращенными в дерново-подзолистой почве при искусственном освещении, для выявления влияния вносимого в почву лантана на баланс питательных элементов в листьях и стеблях. Для количественной оценки влияния лантана на баланс элементов в растениях использовали корреляционный и множественный регрессионный анализ.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, вегетационный опыт, ячмень, множественная регрессия.

ВВЕДЕНИЕ

Лантан – металл из группы редкоземельных элементов, включающей 17 представителей [2]. Основным источником редкоземельных элементов в почвах является подстилаящая порода, также они поступают с органическими и минеральными удобрениями [3–6]. Так, австралийские фосфорные удобрения в среднем содержат 45.2 мг/кг La и 61.0 мг/кг Ce [3]. Медианные значения концентраций La в европейских почвах составляют 14.3 и 13.6 мг/кг в пахотных и пастбищных почвах, соответственно, при этом максимальные концентрации составляют 109.3 и 229.6 мг/кг [4].

Корневое поглощение и аккумуляцию La не раз демонстрировали на ячмене [7–9], рисе, фасоли и кукурузе [5, 10, 11]. Также была показана способность La оказывать влияние на поглощение других ионов [10, 11]. При поглощении корнями редкоземельные элементы преимущественно аккумулируются в них. Однако растворенные формы легких редкоземельных элементов, таких как La, также обладают способностью к перемещению в верхние органы растений [12–15].

Научных работ по воздействию La, находящегося в почве, на баланс питательных элементов в растениях, недостаточно. Тем не менее, в ряде работ в разных условиях было показано влияние редкоземельных элементов на баланс питательных элементов [16–20]. В настоящей работе применяли множественную линейную регрессию для характеристики влияния почвенного La на баланс питательных элементов растений ячменя, выращенных в условиях вегетационного опыта в дерново-подзолистой почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследование воздействия La на взрослые растения ячменя (*Hordeum vulgare* L.) проводили в условиях вегетационного опыта, поставленного в четырехкратной повторности в сосудах объемом 2 л, в каждом сосуде выращивали по 6 растений. В почву вносили хлорид лантана, в пересчете на La: 0, 10, 20, 50, 100, 200 мг/кг воздушно-сухой почвы и добавляли 0.87 г Са₃РО₄. Опыт проводили в светоустановке с двумя дуговыми натриевыми лампами (ДНАТ) по 250 W каждая, при температуре 20–25 °С в течение 40 дней. Почву для вегетационного опыта отбирали на опытном поле, расположенном в Московской области, с. Ельдигино, (56°07.09' СШ; 37°49.10' ВД).

В высушенных листьях и стеблях определяли содержание La, Ce, Nd, Al, Ba, Ca, Mg, Na, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Si, Ti, Zn, K, P методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) на спектрометрах Agilent 5100 и

Agilent 720-ES после микроволнового разложения в азотной кислоте (1:1), навеска 0.5 г. В почве после эксперимента определяли те же элементы (процедура разложения аналогичная). Концентрации элементов в почве, стеблях и листьях (мг/кг воздушно-сухой массы) записаны в виде $[X]_{\text{почва}}$, $[X]_{\text{стебли}}$ и $[X]_{\text{листья}}$, соответственно.

Для выявления влияния поглощенного растениями лантана на баланс элементов минерального питания растений производили анализ индивидуальных корреляций с расчетом коэффициента корреляции Пирсона (r) и подбор моделей множественной линейной регрессии в STATISTICA 12 и в программной среде MATLAB.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Накопление лантана было отмечено как в листьях, так и в стеблях, что объясняется наличием тесной корреляции показателей $[La]_{\text{почва}}$, $[La]_{\text{листья}}$ и $[La]_{\text{стебли}}$ друг с другом (r в интервале 0.95; 0.98). Так, в листьях $[La]_{\text{листья}}$ выявлена прямая взаимосвязь с $[Ca]_{\text{листья}}$ ($r = 0.76$) и $[Mn]_{\text{листья}}$ ($r = 0.65$) и обратная с $[P]_{\text{листья}}$ ($r = -0.74$) и $[Cu]_{\text{листья}}$ ($r = -0.52$). В стеблях обнаружена обратная корреляция между $[La]_{\text{стебли}}$ и $[Cu]_{\text{стебли}}$ ($r = -0.59$), $[P]_{\text{стебли}}$ ($r = -0.58$) и $[Fe]_{\text{стебли}}$ ($r = -0.45$).

В нашей работе было решено сосредоточиться на необходимых и полезных для роста и развития растений [1] питательных элементах, хотя имелись корреляции и с элементами, физиологическая роль которых не подтверждена. В моделях множественной регрессии $[La]_{\text{листья}}$ использовали для характеристики накопления лантана в растениях, так как аккумуляция лантана листьями была более выражена по сравнению со стеблями.

Возможно, накопление лантана в листьях можно хорошо предсказать различиями в накоплении биогенных элементов в листьях и стеблях. Автоматический полный перебор наилучшей отрицательной корреляции вида $[La]_{\text{листья}} - [X]_{\text{листья}} / [X]_{\text{стебли}}$ выявил, что $[Mn]_{\text{листья}} / [Mn]_{\text{стебли}}$ и $[Ba]_{\text{листья}} / [Ba]_{\text{стебли}}$ являются наилучшими предикторами. Так как роль Ba в растениях незначительна по сравнению с ролью Mn, было решено строить множественную регрессионную модель на основе Mn в качестве предиктора.

В регрессионной модели вида:

$$[La]_{\text{листья}} = \beta_0 + \beta_{Mn1}[Mn]_{\text{листья}} + \beta_{Mn2}[Mn]_{\text{стебли}}, \quad (M1)$$

где коэффициенты β_0 , β_{Mn1} , β_{Mn2} и их 95 % доверительные интервалы равны 1.033 (−3.210; 1.144), 0.069 (0.042; 0.096) и −0.068 (−0.115; −0.020), соответственно, с множественным R^2 модели 0.61. Эта модель предполагает, что изменение концентрации лантана в листьях на 61 % может быть описано одновременным увеличением концентрации Mn в листьях и уменьшением концентрации Mn в стеблях. Предсказательную силу модели на основе Mn можно улучшить, добавив дополнительные предикторы. В результате получим модель вида:

$$[La]_{\text{листья}} = \beta_0 + \beta_{Mn1}[Mn]_{\text{листья}} + \beta_{Mn2}[Mn]_{\text{стебли}} + \beta_{Mg}[Mg]_{\text{листья}} + \beta_{Fe}[Fe]_{\text{листья}} + \beta_P[P]_{\text{листья}} \quad (M2)$$

с множественным R^2 0.93. Параметры этой модели представлены в табл. 1.

Таблица 1. Оценки параметров β для модели M2.

	β_0	β_{Mn1}	β_{Mn2}	β_{Mg}	β_{Fe}	β_P
Значение	3.658	0.0934	−0.0535	−1.06·10 ^{−3}	−0.0142	−4.79·10 ^{−4}
ДИ*	(1.861; 5.454)	(0.0636; 0.123)	(−0.0836; −0.0234)	(−1.66·10 ^{−3} ; −4.58·10 ^{−4})	(−0.0239; −4.46·10 ^{−3})	(−8.52·10 ^{−4} ; −1.06·10 ^{−4})
p-значение (t)	7.2·10 ^{−4}	1.3·10 ^{−5}	2.0·10 ^{−3}	2.2·10 ^{−3}	7.6·10 ^{−3}	0.016

*95 % t-доверительный интервал

Накопление лантана в листьях растений тесно ассоциировано с увеличением концентрации Ca в листьях. При помощи автоматического полного перебора наилучшей положительной корреляции вида $[La]_{\text{листья}} - [X]_{\text{листья}} / [Y]_{\text{листья}}$ было показано, что отношение

$[Ca]_{\text{листья}} / [K]_{\text{листья}}$ является наилучшим предиктором ($b_0 = -3.28$; $b = 14.82$. $r = 0.92$). В модели вида:

$$[La]_{\text{листья}} = \beta_0 + \beta_{Ca}[Ca]_{\text{листья}} + \beta_K[K]_{\text{листья}} \quad (M3)$$

множественный R^2 равен 0.88, а β_0 , β_{Ca} , β_K и их 95 % доверительные интервалы 3.022 (1.332; 4.713), $5.93 \cdot 10^{-4}$ ($4.91 \cdot 10^{-4}$; $6.95 \cdot 10^{-4}$), $-2.51 \cdot 10^{-4}$ ($-3.22 \cdot 10^{-4}$; $-1.80 \cdot 10^{-4}$), соответственно. Добавив в эту модель предикторы $[Si]_{\text{стебли}}$, $[Mg]_{\text{листья}}$ и $[Fe]_{\text{листья}}$, получим модель:

$$[La]_{\text{листья}} = \beta_0 + \beta_{Ca}[Ca]_{\text{листья}} + \beta_K[K]_{\text{листья}} + \beta_{Mg}[Mg]_{\text{листья}} + \beta_{Fe}[Fe]_{\text{листья}} + \beta_{Si}[Si]_{\text{стебли}} \quad (M4)$$

с множественным R^2 , равным 0.95, и оценками параметров, представленными в табл. 2. Модель можно далее упростить до следующего вида:

$$[La]_{\text{листья}} = \beta_0 + \beta_{CaK}([Ca]_{\text{листья}} / [K]_{\text{листья}}) + \beta_{Mg}[Mg]_{\text{листья}} + \beta_{Fe}[Fe]_{\text{листья}} + \beta_{Si}[Si]_{\text{стебли}} \quad (M5)$$

без значительной потери предсказательной силы (множественный $R^2 = 0.94$). Оценки параметров модели M5 представлены в табл. 3.

Таблица 2. Оценки параметров β для модели M4.

	β_0	β_{Ca}	β_K	β_{Mg}	β_{Fe}	β_{Si}
Значение	1.645	$6.18 \cdot 10^{-4}$	$-1.11 \cdot 10^{-4}$	$-5.76 \cdot 10^{-4}$	$-9.42 \cdot 10^{-3}$	$1.40 \cdot 10^{-3}$
ДИ*	(0.207; 3.083)	($5.20 \cdot 10^{-4}$; $7.16 \cdot 10^{-4}$)	($-1.90 \cdot 10^{-4}$; $-3.3 \cdot 10^{-5}$)	($-9.86 \cdot 10^{-4}$; $-1.66 \cdot 10^{-4}$)	(-0.0165; $-2.37 \cdot 10^{-3}$)	($4.44 \cdot 10^{-4}$; $2.37 \cdot 10^{-3}$)
p-значение (t)	0.028	$1 \cdot 10^{-4}$	$8.7 \cdot 10^{-3}$	$9.1 \cdot 10^{-3}$	0.012	$7.1 \cdot 10^{-3}$

*95 % t-доверительный интервал

Таблица 3. Оценки параметров β для модели M5.

	β_0	β_{CaK}	β_{Mg}	β_{Fe}	β_{Si}
Значение	-1.707	14.721	$-3.8 \cdot 10^{-4}$	$-7.88 \cdot 10^{-3}$	$1.23 \cdot 10^{-3}$
ДИ*	(-2.79172; -0.62211)	(12.410; 17.032)	($-6.5 \cdot 10^{-4}$; $-1.1 \cdot 10^{-4}$)	(-0.0149; $-8.4 \cdot 10^{-4}$)	($2.9 \cdot 10^{-4}$; $2.16 \cdot 10^{-3}$)
p-значение (t)	$4.2 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-6}$	$8.9 \cdot 10^{-3}$	0.031	0.013

*95 % t-доверительный интервал

В почве при помощи автоматического полного перебора наилучшей положительной корреляции вида $[La]_{\text{листья}} - [X]_{\text{почва}} / [Y]_{\text{почва}}$ нами было показано, что $[La]_{\text{листья}}$ относительно тесно коррелирует с отношением $[Ce]_{\text{почва}} / [Nd]_{\text{почва}}$ ($b_0 = -69.42$; $b_1 = 42.12$; $r = 0.63$), несмотря на отсутствие значимых корреляций с $[Ce]_{\text{почва}}$ или $[Nd]_{\text{почва}}$ по отдельности. Модель вида:

$$[La]_{\text{листья}} = \beta_0 + \beta_{Ce}[Ce]_{\text{почва}} + \beta_{Nd}[Nd]_{\text{почва}} \quad (M6)$$

имеет множественный $R^2 = 0.41$ и оценки коэффициентов β_0 , β_{Ce} , β_{Nd} с 95 % доверительными интервалами -7.780 (-19.564; 4.005), 1.624 (0.811; 2.438), -4.032 (-6.075; -1.990), соответственно. Предсказательная сила модели увеличивается при добавлении предикторов $[Si]_{\text{почва}}$ и $[Mn]_{\text{почва}}$. Получившаяся модель:

$$[La]_{\text{листья}} = \beta_0 + \beta_{Ce}[Ce]_{\text{почва}} + \beta_{Nd}[Nd]_{\text{почва}} + \beta_{Si}[Si]_{\text{почва}} + \beta_{Mn}[Mn]_{\text{почва}} \quad (M7)$$

имеет множественный $R^2 = 0.74$. Оценки параметров модели M7 представлены в табл. 4.

Таблица 4. Оценки параметров β для модели M7.

	β_0	β_{Ce}	β_{Nd}	β_{Si}	β_{Mn}
Значение	-2.526	2.345	-5.957	-0.011	$-7.63 \cdot 10^{-3}$
ДИ*	(-11.452; 6.399)	(1.482; 3.208)	(-8.152; -3.762)	(-0.01901; $-3.01 \cdot 10^{-3}$)	(-0.0153; $0.7 \cdot 10^{-4}$)
p-значение (t)	0.56	$2.4 \cdot 10^{-5}$	$2.5 \cdot 10^{-5}$	$9.9 \cdot 10^{-3}$	0.052

*95 % t-доверительный интервал

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наилучший результат показали модели М4 и М5, так как они имеют наибольшие коэффициенты множественной детерминации, т. е. наилучшим образом описывают наблюдаемые взаимосвязи. Согласно наиболее устойчивым корреляциям и модели множественной регрессии М4, накопление La в листьях ассоциировано с уменьшением содержания Р, К, Cu, Fe и Mg и увеличением содержания Ca и Mn в листьях и Si в стеблях. В стеблях схожая тенденция отмечена для Р, Cu и Fe.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутюцкий Н.П. Минеральное питание растений. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2014. 540 с.
2. Damhus T., Hartshorn R.M., Hutton A.T. Nomenclature of inorganic chemistry: IUPAC recommendations 2005. Royal Society of Chemistry, 2005.
3. Hu Z., Haneklaus S., Sparovek G., Schnug E. Rare Earth Elements in Soils // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2006. V. 37. No 9–10. P. 1381–1420.
4. Sadeghi M., Petrosino P., Ladenberger A., Albanese S., Andersson M., Morris G., Lima A., De Vivo B. Ce, La and Y concentrations in agricultural and grazing-land soils of Europe // Journal of Geochemical Exploration. 2013. V. 133. P. 202–213.
5. von Tucher S., Schmidhalter U. Lanthanum uptake from soil and nutrient solution and its effects on plant growth // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2005. V. 168. No 4. P. 574–580.
6. Pang X., Li D., Peng A. Application of rare-earth elements in the agriculture of China and its environmental behavior in soil // Environmental Science and Pollution Research. 2002. V. 9. No 2. P. 143.
7. Han F., Shan X.-Q., Zhang J., Xie Y.-N., Pei Z.-G., Zhang S.-Z., Zhu Y.-G., Wen B. Organic acids promote the uptake of lanthanum by barley roots // New Phytologist. 2005. V. 165. No 2. P. 481–492.
8. Steveninck R.F.M., Steveninck M.E., Chescoe D. Intracellular binding of lanthanum in root tips of barley (*Hordeum vulgare*) // Protoplasma. 1976. V. 90. No 1. P. 89–97.
9. Robards A.W., Robb M.E. The entry of ions and molecules into roots: an investigation using electron-opaque tracers // Planta. 1974. V.120. No1. P. 1–12.
10. Liu D., Wang X., Zhang X., Gao Z. Effects of lanthanum on growth and accumulation in roots of rice seedlings // Plant Soil Environ. 2013. V.59. No5. P. 196–200.
11. Nagahashi G., Thomson W.W., Leonard R.T. The Casparian Strip as a Barrier to the Movement of Lanthanum in Corn Roots // Science. 1974. V.183. No4125. P. 670–671.
12. Liang T., Ding S., Song W., Chong Z., Zhang C., Li H. A review of fractionations of rare earth elements in plants // Journal of Rare Earths. 2008. V.26. No1. P. 7–15.
13. Babula P., Adam V., Opatrilova R., Zehnalek J., Havel L., Kizek R. Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: a review // Environmental Chemistry Letters. 2008. V.6. No 4. P. 189–213.
14. Ding S., Liang T., Zhang C., Yan J., Zhang Z. Accumulation and fractionation of rare earth elements (REEs) in wheat: controlled by phosphate precipitation, cell wall absorption and solution complexation // Journal of Experimental Botany. 2005. V.56. No420. P. 2765–2775.
15. Li F., Shan X., Zhang T., Zhang S. Evaluation of plant availability of rare earth elements in soils by chemical fractionation and multiple regression analysis // Environmental Pollution. 1998. V.102. No2–3. P. 269–277.
16. de Oliveira C., Ramos S.J., Siqueira J.O., Faquin V., de Castro E.M., Amaral D.C., Techio V.H., Coelho L.C., e Silva P.H.P., Schnug E., Guilherme L.R.G. Bioaccumulation and effects of lanthanum on growth and mitotic index in soybean plants // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2015. V. 122. P. 136–144.
17. Nicodemus M.A., Salifu K.F., Jacobs D.F. Influence of lanthanum level and interactions with nitrogen source on early development of *Juglans nigra* // Journal of Rare Earths. 2009. V. 27. No. 2. P. 270–279.

18. *Liu D., Lin Y., Wang X.* Effects of lanthanum on growth, element uptake, and oxidative stress in rice seedlings // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2012. V. 175. No. 6. P. 907–911.
19. *Wang C., Lu X., Tian Y., Cheng T., Hu L., Chen F., Jiang C., Wang X.* Lanthanum Resulted in Unbalance of Nutrient Elements and Disturbance of Cell Proliferation Cycles in *V. faba* L. Seedlings // *Biological Trace Element Research*. 2011. V. 143. No. 2. P. 1174–1181.
20. *Wang L., Huang X., Zhou Q.* Effects of rare earth elements on the distribution of mineral elements and heavy metals in horseradish // *Chemosphere*. 2008. V. 73. No. 3. P. 314–319.

Работа рекомендована к.б.н., зав. лаб. О.Б. Роговой.

УДК 631.41

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ СЕМЕЙСТВА АСТРОВЫЕ (*ASTERACEAE*) В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В.А. Чаплыгин, Л.Ю. Маштыкова, С.С. Манджиева, Л.Н. Белоконь

Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального
университета, г. Ростов-на-Дону

Обнаружена зависимость между расстоянием от источника техногенных выбросов и содержанием Pb, Zn, Cd, Cu, Mn и Ni в травянистых растениях семейства Астровые (*Asteraceae*). Установлены различия в накоплении элементов различными видами растений при высоком и низком уровнях техногенной нагрузки. В растениях, произрастающих вблизи Новочеркасской ГРЭС, выявлено загрязнение Pb, Cd, Cr и Ni. Наиболее сильными аккумуляторами тяжелых металлов являются амброзия полыннолистная, полынь австрийская и пижма обыкновенная.

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелые металлы (ТМ) являются микроэлементами, жизненно необходимыми растениям, однако высокое содержание данных элементов представляет серьезную угрозу, как для самих растений, так и для всех последующих звеньев пищевой цепочки. Техногенное загрязнение окружающей среды ТМ является одной из актуальнейших проблем нашего времени, а территории, подверженные многолетнему техногенному загрязнению – важными объектами для исследований, направленных на изучение распределения микроэлементов в растительных сообществах. Полиметаллическое загрязнение по-разному влияет на травянистые растения, поскольку различные виды растений аккумулируют в своей надземной части и корневой системе различные количества тяжелых металлов ТМ в соответствии с уровнем техногенной нагрузки и физиологическими особенностями вида [1, 7, 9, 14, 16]. ТМ способны в большом количестве аккумулироваться в растительных тканях из почвы и воздуха и по трофической цепочке переходить в организм животных, а затем и человека.

Крупнейшим в Ростовской области предприятием, загрязняющим окружающую среду ТМ является филиал ОАО «ОГК-2» «Новочеркасская» ГРЭС (НчГРЭС). На долю НчГРЭС приходится 1 % всех выбросов поллютантов в атмосферу в РФ, в Ростовской области – свыше 50 %, в Новочеркасске – порядка 90 % [13]. Негативные последствия выбросов предприятия, ведущие к накоплению металлов в растениях, могут отчетливо проявиться со временем. В этой связи важны результаты многолетних стационарных наблюдений за состоянием растений.

Работа поддержана грантом РФФИ 16-35-60055 мол_а_дк и при поддержке Гранта Президента Российской Федерации МК-7285.2016.5.

© В.А. Чаплыгин, Л.Ю. Маштыкова, С.С. Манджиева, Л.Н. Белоконь, 2017

Несмотря на ряд работ, посвященных исследованию содержания микроэлементов в растениях и почвах различных регионов России [12, 8, 4], техногенное загрязнение ТМ растений Нижнего Дона изучено слабо [5].

Цель работы – изучение характера аккумуляции и распределения Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Mn в различных видах дикорастущих травянистых растений в условиях техногенного загрязнения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Мониторинговые площадки были заложены на разном расстоянии (от 1 до 20 км) от НЧГРЭС и приурочены к точкам отбора проб воздуха, производимого в рамках проекта по организации и обустройству санитарно-защитной зоны северного промышленного узла г. Новочеркасска. Образцы растений отбирались по преобладающему северо-западному направлению ветров на площадках мониторинга № № 4, 8, 9, 10 и близлежащей к данному направлению площадки № 5. Площадка № 10 находится в 400 м от автомагистрали на участке, расположенном между двумя автомагистралями. За прошедшие десятилетия в почву площадки № 10 поступило большое количество Pb, который в настоящее время продолжает поступать из почвы в растения и служит дополнительным источником техногенной нагрузки. Площадка № 9 (15 км от НЧГРЭС) была взята в качестве фоновой ввиду большой удаленности от предприятия и отсутствия дополнительных источников техногенной нагрузки.

В качестве объектов исследования были выбраны доминирующие на площадках мониторинга травянистые растения, представленные семейством Астровые (*Asteraceae*): амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.), полынь австрийская (*Artemisia austriaca* Pall. ex. Wild.), тысячелистник благородный (*Achillea nobilis* L.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.).

Отбор образцов растений (в трехкратной повторности) проводился ежегодно в период 2013–2016 гг. во второй декаде июня в фазу массового цветения, поскольку именно к ней приурочено максимальное поступление элементов в растения [6].

В образцах растений и почв определялись такие ТМ, как Pb, Cd, Zn, Cu, Ni и Mn, присутствующие в выбросах НЧГРЭС [13]. Минерализацию проб растений проводили методом сухого озоления согласно ГОСТ 26657-85. Кислотная экстракция ТМ из золы осуществлялась растворением в 20 %-ном растворе HCl с последующим определением методом ААС [10].

Оценка загрязнения ТМ растений проводилась путем сравнения концентрации элементов в растениях с максимально допустимым уровнем (МДУ) содержания металлов в кормах сельскохозяйственных животных [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдается зависимость содержания металлов в растениях от уровня техногенной нагрузки. По мере удаления от источника эмиссии содержание ТМ в растениях уменьшается (табл. 1) и соответствует среднему содержанию элементов в травянистых растениях Ростовской области [5, 11]. В связи с тем, что разные виды растений накапливают в своих органах различные количества ТМ [3, 13, 15], были изучены представители нескольких видов травянистых растений (табл. 1).

По величинам абсолютного содержания в надземной и корневой частях полыни австрийской (*Artemisia austriaca* Pall. ex. Wild.) в условиях максимальной техногенной нагрузки выявлено превышение МДУ для грубых и сочных кормов по 4 из 7 изучаемых элементов (Zn в 78, Pb в 22, Ni в 4.7, Cd в 1.3 раз) на мониторинговых площадках, расположенных по линии преобладающего направления ветров (табл. 1).

В растениях тысячелистника благородного (*Achillea nobilis* L.) МДУ для кормов превышен на площадках № 1, № 4, № 5, № 6 и № 10 для Pb, Cd и Ni, а также на площадке № 8 по Ni и Cd. Данное растение является одним из наиболее сильно загрязненных Pb и Cd, превышение МДУ для которых достигает 6.7 и 4.3 раза соответственно (табл. 1). Тысячели-

стник активно аккумулирует данные ТМ в условиях интенсивной техногенной нагрузки, а также в присутствии дополнительных источников полиметаллического загрязнения.

В соответствии с варьированием в надземной части амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.) в условиях минимальной и максимальной техногенной нагрузки металлы образуют ряд: Ni (в 25 раз) > Pb (14) > Cd > Mn (7.2) > Zn (6.4) > Cu (4) (табл. 1). Таким образом, отмечается значительная аккумулирующая способность амброзии по отношению к Pb, Cd, Ni и Zn в условиях техногенной нагрузки.

Для пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) установлено превышение МДУ для кормов Pb в 4.4 раза, Cd в 3.3 раза и Ni в 2.2 раза (табл. 1). Пижма отличается наибольшим базипетальным накоплением Mn среди изучаемых видов.

Таблица 1. Среднее содержание тяжелых металлов в различных видах дикорастущих травянистых растений на мониторинговых площадках, мг/кг возд.-сух. вещества (2013–2016 гг.).

№ площадки	Направление и расстояние от НЧГРЭС, км	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cd
Полынь австрийская							
1	1.0 СВ	19/16	25/24	8/9	19/22	4/3	0.1/0.2
2	3.0 ЮЗ	31/18	38/56	9/13	4/2	2/2	0.2/0.3
3	2.7 ЮЗ	14/16	29/26	8/11	2/1	1/3	0.2/0.1
4	1.6 СЗ	65/30	71/34	10/11	22/31	4/8	1.1/0.4
5	1.2 СЗ	25/23	25/19	10/9	19/24	6/3	1.2/0.3
6	2.0 ССЗ	24/12	21/16	7/12	13/10	4/1	0.7/0.2
7	1.5 С	22/18	13/18	7/8	3/1	3/1	0.2/0.1
8	5.0 СЗ	29/9	79/33	11/13	2/2	5/5	0.5/1.1
9	15.0 СЗ	16/13	29/25	6/5	1/1	1/2	0.1/0.2
10	20.0 СЗ	24/23	16/17	11/5	18/16	3/2	0.4/0.2
Тысячелистник благородный							
2	3.0 ЮЗ	24/25	26/27	9/8	7/6	2/2	0.2/0.1
3	2.7 ЮЗ	19/18	14/19	6/12	1/2	1/2	0.1/0.1
4	1.6 СЗ	49/105	19/40	8/9	15/21	5/13	1.0/2.1
5	1.2 СЗ	39/33	29/24	17/12	30/42	7/3	1.3/2.6
6	2.0 ССЗ	35/62	39/33	9/7	1/3	5/8	0.9/0.3
8	5.0 СЗ	28/26	25/21	13/9	4/8	2/2	0.2/0.2
9	15.0 СЗ	32/22	32/23	5/7	2/1	1/3	0.2/0.1
10	20.0 СЗ	25/24	30/22	5/8	6/4	2/4	0.5/0.2
Амброзия полыннолистая							
1	1.0 СВ	30/25	111/55	11/18	7/5	4/3	0.3/0.2
2	3.0 ЮЗ	56/21	68/55	8/5	3/4	1/2	0.5/1.6
3	2.7 ЮЗ	28/19	60/43	10/14	5/11	1/1	0.4/0.3
4	1.6 СЗ	28/60	32/29	12/8	19/38	5/4	1.0/0.8
5	1.2 СЗ	39/51	58/32	9/11	34/19	8/6	1.2/0.9
6	2.0 ССЗ	21/6	69/41	11/9	17/6	6/3	0.5/0.4
7	1.5 С	85/18	20/21	8/7	4/3	3/2	0.2/0.4
8	5.0 СЗ	15/14	95/53	16/33	28/16	4/2	0.2/0.1
10	20.0 СЗ	90/29	76/25	14/8	7/5	2/2	0.5/0.2
Пижма обыкновенная							
3	2.7 ЮЗ	26/23	26/24	5/7	14/10	2/5	0.1/0.2
5	1.2 СЗ	98/32	41/27	12/8	1/2	7/3	0.9/0.3
6	2.0 ССЗ	35/16	24/21	6/7	1/1	2/5	0.2/0.3
8	5.0 СЗ	59/19	56/17	11/9	6/1	7/6	0.5/0.4
9	15.0 СЗ	43/53	19/23	2/5	4/1	5/4	0.8/1.3
10	20.0 СЗ	81/34	35/17	8/17	24/28	2/5	0.2/0.3
МДУ [2]		–	50.0	30.0	5.0	–	0.3

Примечание: числитель – в надземной части, знаменатель – в корневой части, полужирным шрифтом выделено превышение МДУ для кормовых трав.

Проведенные исследования показали значительные отличия в содержании ТМ в надземной и корневой части различных видов растений. Полынь, амброзия и пижма при техногенном загрязнении накапливают в надземной части наибольшее количество ТМ среди изучаемых видов растений. Полынь аккумулирует больше всех исследуемых растений Cd, пижма – Mn, амброзия – Zn, Pb, Cu и Ni.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлена зависимость накопления ТМ в различных видах травянистых растений от уровня техногенной нагрузки на территорию. В растениях, произрастающих вблизи НЧГРЭС, выявлено более высокое содержание всех исследуемых элементов и загрязнение Pb, Cd, Cr и Ni по сравнению с растениями, удаленными от ГРЭС. Наибольшие превышения МДУ данных ТМ приходятся на площадки северо-западного направления. Различные виды дикорастущих травянистых растений семейства Астровые отличаются по накоплению и распределению ТМ в надземной и корневой частях. Полынь австрийская (*Artemisia austriaca* Jack.) аккумулирует наибольшее среди исследуемых растений количество Cd, пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) – Mn и Cr, амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – Zn, Pb, Cu и Ni.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баргалы Р. Биогеохимия наземных растений. Экофизиологический подход к биомониторингу и биовосстановлению: учеб. пособие. М.: ГЕОС, 2005. 457 с.
2. Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках 123-4/281-8-87 / Государственный агропромышленный комитет СССР; Главное управление ветеринарии. М., 1987.
3. Демедчик В.В., Соколик А.И., Юрин В.М. Поступление меди в растения и распределение в клетках, тканях и органах // Успехи современной биологии. 2001. Т. 121, № 2. С. 190–197.
4. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П., Корнейкова М.В. Содержание и токсичность тяжелых металлов в почвах зоны воздействия газовой воздушной выбросов комбината «Печенганикель» // Почвоведение. 2014. № 5. С. 625–631.
5. Закруткин В.Е., Шкафенко Р.П. Некоторые аспекты распределения свинца в почвах и растениях агроландшафтов Ростовской области // Материалы Междунар. симпозиума «Тяжелые металлы в окружающей среде». Пушчино, 1997. С. 110–117.
6. Ильин В.Б., Степанова М.Д. Тяжелые металлы – защитные возможности почв и растений – урожай // Химические элементы в системе почва-растение. Новосибирск, 1982. С. 73–92.
7. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 437 с.
8. Кашин В.К. Особенности накопления микроэлементов степной растительностью западного Забайкалья // Агрохимия. 2014. № 6. С. 69–76.
9. Ларина Т.Е., Обухов А.И. Тяжелые металлы в растительности с газонов вдоль автомагистралей // Вестн. МГУ. 1995. № 3. С. 41–48.
10. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
11. Соборникова И.Г., Кизильштейн Л.Я. Медь, цинк, свинец в почвах и растениях полыни г. Ростова-на-Дону и его окрестностей // Изв. Сев.-Кав. центра выс. школы. Естест. Науки. 1990. № 4. С. 3–8.
12. Тарабрин В.П. Физиология устойчивости древесных растений в условиях загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами // Микроэлементы в окружающей среде. Киев: Наукова думка, 1980. С. 17.

13. Экологический вестник Дона: О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2014 году. Ростов-на-Дону. 2014. С. 283.
14. *Ahmad I., Akhtar M. J., Zahir Z. A., Jamil A.* Effect of cadmium on seed germination and seedling growth of four wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars.// Pakistan Journal of Botany. vol. 44. 2012. № 5, P. 1569–1574.
15. *Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Motuzova G.V., Chaplgin V.A., Suchkova S.N., Fedorov Yu.A., Kolesnikov S.I., Bauer T.V.* Accumulation and distribution of heavy metals in plants within the technogenesis zone // Environmental Engineering and Management Journal. 2014. Vol. 13. No. 5. Pp. 1307–1315.
16. *Verloo M., Coftenie A., Landschoot G.* Analytical and biological criteria with regard to soil pollution // Landwirtschaftliche Forschung: Kongressband. 1982. S.-Н. 39. P. 394–403.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Т.М. Минкиной.

УДК 631.445.35

СОВРЕМЕННОЕ КЛАССИФИКАЦИОННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЗЕЙСКО-БУРЕЙСКОЙ ПОЧВЕННОЙ ПРОВИНЦИИ

Е.А. Шевчук

Институт наук о Земле СПбГУ,
ФГБНУ «Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева», Санкт-Петербург

На основании макро- и мезоморфологических описаний, данных физико-химического и химического анализов исследуемые почвы Зейско-Бурейской почвенной провинции были отнесены к бурозёмам типичным и бурозёмам тёмным структурно-метаморфического отдела и к ржавозёмам типичным железисто-метаморфического отдела ствола постлитогенных почв, согласно «Классификации и диагностики почв России» (2004).

ВВЕДЕНИЕ

По объективным причинам существующие представления о генезисе и географии бурых лесных почв Зейско-Бурейской почвенной провинции (ЗБПП) до настоящего времени противоречивы, фрагментарны, иногда единичны для больших площадей [7].

Согласно «Классификации и диагностики почв России» [8], выделяемый ранее на территории обширных древнеаллювиальных равнин ЗБПП подтип бурых лесных слабонасыщенных почв [9], формирующийся в зоне распространения хвойно-широколиственных лесов и лесостепи, относится к новому типу почв под общим названием ржавозёмы. Причины их выделения на данной территории никак не отражены в современной почвенной литературе, что вызывает ряд вопросов по обоснованности их выделения в данной зоне, а также вскрывает проблематику разработки диагностических показателей указанных почв.

Актуальность проводимых исследований обусловлена необходимостью решения дискуссионных вопросов генезиса и классификации бурых лесных почв, а также для составления технико-экономических обоснований разных хозяйственных проектов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования почв проводились в пределах Амуро-Зейского и Бурейско-Архаринского округов ЗБПП, входящей в состав восточной бурозёмно-лесной биоклиматической области [3].

Объектами исследования являлись бурые лесные почвы неозолювиальных ландшафтов (разрезы 16-2 и 16-3), развитые на рыхлых осадочных породах лёгкого гранулометри-

ческого состава (оркозовые пески) и бурые лесные почвы ортоэлювиальных ландшафтов (разрезы 16-1, 16-5 и 16-6) [1], развитые на массивно-кристаллических породах. Объекты исследования сформировались под лесом, в условиях промывного типа водного режима. Названия исследуемых почв даны в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв СССР» 1977 года.

В почвенных образцах определены водный и солевой pH [12], содержание углерода органических соединений по методу И.В. Тюрина в модификации СПбГУ, валовой состав почв, а также оксалатрастворимые «аморфные» соединения железа и алюминия в вытяжке Тамма. Определение элементов проводилось с помощью оптического эмиссионного спектрометра ICPE-9000 (Shimadzu, Япония) на базе научного парка СПбГУ в ресурсном центре «Методы анализа состава вещества». Произведено мезоморфологическое описание гравия, дресвы и щебня по методике мезоморфологического исследования почв описанной в работе Грачёвой Р.Г. [2], с использованием электронной лупы HIGHPAQ MS-K007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Мезоморфологическая характеристика бурозёмов ЗБПП

Бурозёмы неозэлювиальных ландшафтов. Разрезы 16-2, 16-3

При исследовании метаморфических горизонтов (Bt) определено что в их составе присутствуют агрегаты с различной степенью выветрелости, от практически не затронутых процессами метаморфизации, либо находящихся на начальной стадии данного процесса до сильновыветрелых (единично), где ярко прослеживается процесс дезинтеграции минеральной части.

Сильновыветрелые агрегаты слабо устойчивы к механическому воздействию (в некоторых случаях растираются в тонкодисперсный порошок). Слабовыветрелые агрегаты наоборот, ломается с заметным усилием.

Спил на слабовыветрелом агрегате представляет из себя невыветрелую зону, находящуюся преимущественно в центральной части спила и сменяющуюся (переход от резкого до постепенного) к периферии автохтонной кутаной выветривания (ржаво-бурого или белого цвета). На некоторых спилах имеются зоны ожелезнения приуроченные к трещинам внутри агрегата. Спил сильновыветрелого агрегата представляет из себя дезинтегрированную минеральную массу, сильно ожелезнённую и легко разрушаемую при минимальном механическом воздействии. Такое широкое варьирование степени выветрелости агрегатов обусловлено формированием данных почв на оркозовых песках.

На поверхности агрегатов имеются светло-бурые, бурые и ржаво-красные плёнки, занимающие от 30 до 70 % поверхности мелкозёма. Плёнки на большинстве образцов счищаются с большим трудом. По мнению Р.Г. Грачёвой такие плёнки имеют смешанное происхождение: формируясь как *in situ* за счёт выветривания самого материала (автохтонный), так и частично за счёт концентрации тонкодисперсных частиц на поверхности материала из мелкозёма вмещающего горизонта.

Подавляющая часть агрегатов нижележащих горизонтов, либо не выветрела, либо имеет минимальные очаги метаморфизации в начальной стадии их формирования, приуроченные к периферической части спила. Разламывание агрегатов затруднено. На поверхности агрегатов имеются плёнки (цвета варьируют от белого до ржаво-бурого) занимающие от 30 до 70 % поверхности. Плёнки относительно легко счищаются с помощью ножа.

Бурозёмы ортоэлювиальных ландшафтов. Разрезы 16-1, 16-5, 16-6

На поверхности практически всех почвенных агрегатов, сформированных в метаморфических горизонтах (Bt) и в горизонте ВС, имеется тонкодисперсная кутана мощностью от долей до нескольких мм. Большая часть материала легко счищается при механическом воздействии, за исключением зоны на самой поверхности образца. Данный материал легко прилипает к рукам и инструменту.

Разламывание образца затруднено. Некоторые образцы при дальнейшем разрушении распадаются на отдельные минеральные зёрна и порошистую массу. Материал внутри агрегата сильно ожелезнён и дезинтегрирован.

В разрезе 16-5 под горизонтом Vt располагается линза микроклина характеризующаяся также сильным ожелезнением, которое представлено зонами с различной степенью интенсивности проявления признака. Окраска варьирует от слабо-коричневой до насыщенно бурой. На некоторых сколах имеются ожелезнённые трещины. Раскалывание образцов из линзы проводилось при помощи инструмента с применением большого усилия.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что во всех исследуемых почвах, сформированных как на древнеаллювиальных отложениях, так и на элюводелювии массивно-кристаллических пород диагностируются ЭПП метаморфизма минерального вещества (дезинтеграция, оглинивание и ожелезнение), охватывающее все исследуемые горизонты и ослабляющееся от горизонтов Vt к ВС и далее к С. По степени интенсивности протекания метаморфических процессов слабее всего он проявляется в бурозёмах неозювиальных ландшафтов (начальные стадии). В бурозёмах ортоэлювиальных ландшафтов данные процессы ярко выражены. Кроме того, на поверхности агрегатов бурозёмов неозювиальных ландшафтов, имеются автохтонные пленки. В бурозёмах ортоэлювиальных ландшафтов эти плёнки практически не диагностируются из-за сильной степени выветрелости материала и формирования на поверхности агрегата бурых тонкодисперсных плёнок аллохтонной природы, легко счищающихся с поверхности агрегатов.

2. Физико-химические и химические показатели бурозёмов ЗБПП

Содержание гумуса в исследуемых почвах колеблется в широких пределах (табл. 4), так в горизонте А₁ оно составляет 3.57–11.68 %, а при переходе к нижележащим горизонтам содержание его резко падает. По имеющимся литературным данным, такое снижение характерно для бурозёмов Приамурья [6, 11. 13].

Бурозёмы ЗБПП, сформированные как на массивно-кристаллических породах, так и на древнеаллювиальных отложениях имеют средне- и слабокислую реакцию в верхних горизонтах (рН водной суспензии 5.5–4.8), за исключением разреза 16-2, где наблюдается нейтральная реакция среды (табл.). Нейтральная или слабокислая реакция, обуславливается значительной биологической аккумуляцией оснований из быстро разлагающейся лесной подстилки нейтрального или слабокислого характера [4]. Обменная кислотность находится в диапазоне от очень сильно кислой до кислой в буроземах ортоэлювиальных ландшафтов рН КСl = 3.1–4.5, в бурозёмах неозювиальных ландшафтов рН КСl = 3.6–4.9.

Валовый химический состав исследованных почв ЗБПП значительно отличается в зависимости от того на какой породе они сформированы. Бурозёмы, развитые на массивно-кристаллических породах, характеризуются более низким содержанием SiO₂ и повышенным количеством R₂O₃, что связано с интенсивными процессами оглинивания. В частности, идёт высвобождение гидроксидов железа в ходе физической дезинтеграции слоистых силикатов (рис.). В сформированных на неогеновых песчаных отложениях бурозёмах неозювиальных ландшафтов содержание оксида кремния достигает 80–83 %, а содержание полуторных оксидов падает, по сравнению с бурозёмами, развитыми на массивно-кристаллических породах.

Профильное распределение оксида кремния в бурозёмах ортоэлювиальных и неозювиальных ландшафтов имеет различный характер. В первом случае наблюдается относительное увеличение содержания SiO₂ в верхних горизонтах (разрезы 16-1, 16-5 и 16-6), во втором случае мы видим равномерное распределение (разрез 16-2) или незначительное увеличение содержания SiO₂ в нижней части профиля (разрез 16-3).

Распределение полуторных оксидов по почвенному профилю в бурозёмах ортоэлювиальных ландшафтов характеризуется их активным выносом из гумусово-аккумулятивных горизонтов и накоплением в метаморфических горизонтах. По мнению В.П. Фирсовой [14] такое распределение указывает на зрелость данных почв, а увеличение содержания полуторных оксидов в средней части профиля является следствием внутрипочвенного оглинивания.

Результаты химического анализа оксалатной вытяжки по Тамму показали, что в бурозёмах ортоэлювиальных ландшафтов наблюдается повышенное содержание аморфного (оксалатрастворимого) железа в метаморфических и гумусово-аккумулятивных горизонтах по сравнению с горизонтами ВС и С (табл.). Горизонт А1 в разрезе 16-6 несколько обеднён оксалатрастворимыми формами железа, что может быть объяснено, более интенсивно протекающими, в поверхностной части профиля, гидротермическими процессами, в результате которых минеральная часть почвы подвержена более интенсивному процессу метаморфизации.

Распределение аморфного алюминия по профилю бурозёмов в ортоэлювиальных ландшафтах схоже с распределением железа. Сопоставление количества извлекаемых оксалатной вытяжкой форм железа и алюминия показывает, что содержания железа в вытяжке обычно больше, чем алюминия. Содержание аморфного железа в мелкозёме составляет 6–16 % в поверхностных горизонтах и 3–15 % в метаморфических, от его валового содержания. Содержание алюминия же составляет от 2 до 5 % в поверхностных горизонтах и от 2 до 8 % в метаморфических.

Таблица. Физико-химические и химические показатели бурозёмов ЗБПП.

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Оксалатрастворимые соединения			
					Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
			H ₂ O	KCl	% на абсолютно сухую навеску	% от валового со- держания		
Бурозёмы неозлювиальных ландшафтов								
Разрез 16-2								
A1	5–12	7.07	6.3	4.9	0.08	0.06	8.87	1.57
Bt1	15–23	0.92	5.3	3.8	0.08	0.07	10.12	2.04
Bt2	30–40	0.65	5.5	4.0	0.05	0.03	6.54	0.98
BC	51–61	Не опр.	5.3	4.3	0.04	0.03	4.07	0.68
	70–85	Не опр.	5.4	4.2	0.03	0.02	4.69	0.56
C	105–115	Не опр.	5.9	4.6	0.03	0.02	14.92	0.53
Разрез 16-3								
A1	0–5	9.60	5.5	4.8	0.03	0.04	7.38	0.88
A1B	5–15	2.43	5.3	4.1	0.09	0.07	5.05	2.22
Bt	27–40	1.24	4.9	3.8	0.03	0.07	2.71	1.48
	45–60	0.99	4.8	3.8	0.03	0.06	4.08	1.75
	75–90	0.56	4.7	3.6	0.05	0.10	6.58	2.93
BC	99–109	Не опр.	4.7	3.7	0.03	0.06	6.40	1.49
Бурозёмы ортоэлювиальных ландшафтов								
Разрез 16-1								
A1	0–10	5.41	5.4	4.5	0.14	0.10	6.01	2.02
	10–20	4.75	5.0	4.0	0.13	0.10	4.79	1.83
A1B	25–30	2.04	5.0	3.7	0.12	0.12	3.62	2.23
Bt1	45–55	0.73	5.2	3.4	0.11	0.13	3.72	2.26
Bt2	60–70	0.52	5.3	3.2	0.11	0.11	2.89	2.26
C	110–120	Не опр.	5.4	3.5	0.08	0.13	2.76	1.12
Разрез 16-5								
A1	5–10	3.57	5.5	3.7	0.37	0.28	16.35	4.92
Bt1	15–25	1.34	5.3	3.8	0.30	0.27	12.49	4.47
	35–45	0.93	4.9	3.7	0.30	0.21	11.60	3.08
линза	55–67	0.37	5.1	3.9	0.05	0.06	1.46	0.97
Разрез 16-6								
A1	0–10	11.68	4.8	3.1	0.18	0.14	10.70	2.91
Bt	15–25	3.24	5.0	3.8	0.43	0.51	15.28	8.56
BC	36–42	2.36	5.1	4.1	0.21	0.14	9.84	2.32

Бурозёмы неозёлювиальных ландшафтов характеризуются обеднением метаморфических горизонтов оксалатрастворимыми формами железа по отношению к горизонтам ВС и С. В верхней части профиля наблюдается накопление оксалатрастворимого железа, что объясняется биохимическим воздействием почвенной биоты на минеральную часть почвы [5].

На основании результатов физико-химических и химических анализов можно сделать следующие выводы:

1. Бурозёмы как нео-, так и ортоэлювиальных ландшафтов характеризуются близкими показателями реакции среды. Обменная кислотность варьирует от сильнокислой до кислой.

2. Наблюдается относительное увеличение содержания полуторных оксидов и «аморфных» соединений железа и алюминия в метаморфических горизонтах бурозёмов ортоэлювиальных ландшафтов, что связано с протекающими там ЭПП метаморфизации минерального вещества. Такое распределение полуторных оксидов указывает на зрелость данных почв.

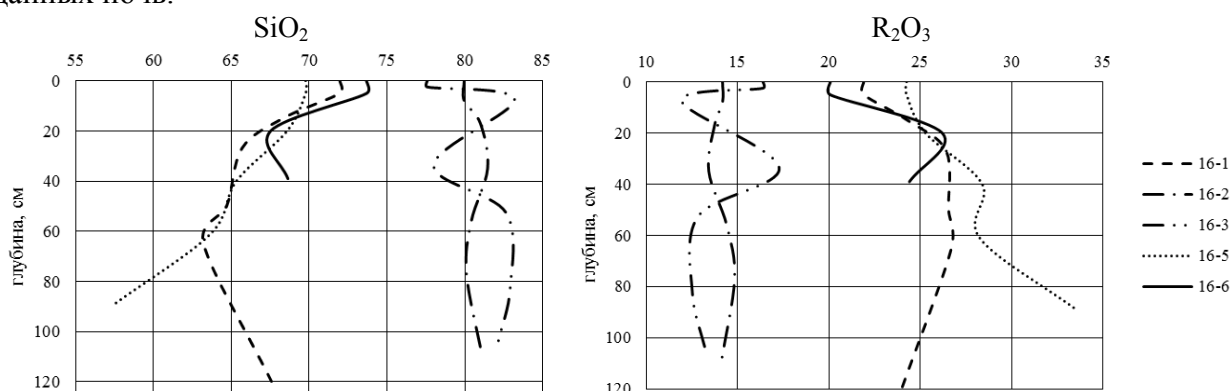


Рисунок. Распределение валовых SiO₂ и R₂O₃ по профилю в бурозёмах ЗБПП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании сравнительной характеристики мезоморфологии бурые лесные почвы неозёлювиальных ландшафтов Зейско-Буреинской почвенной провинции характеризуются слабой интенсивностью протекания процессов метаморфизации минерального вещества в горизонте Вt. На поверхности почвенных агрегатов имеются автохтонные плёнки. В бурых лесных почвах ортоэлювиальных ландшафтов по всему профилю диагностируется ярко выраженный процесс метаморфизации минерального вещества. Материал метаморфического горизонта сильно выветрен и дезинтегрирован. На поверхности агрегатов имеются тонкодисперсные аллохтонные плёнки.

Бурые лесные почвы ортоэлювиальных ландшафтов характеризуются относительным увеличением содержания в горизонте Вt полуторных оксидов и «аморфных» соединений железа и алюминия.

В соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» (2004) бурые лесные слабонасыщенные почвы ортоэлювиальных ландшафтов, развитые в зоне хвойно-широколиственных лесов, отнесены к почвам структурно-метаморфического отдела ствола постлитогенных почв и выделены как бурозёмы типичные (разрезы 16-1 и 16-5). Бурая лесная кислая почва, развитая в зоне южной тайги, определена как бурозём тёмный (разрез 16-6). Сформированные на древнеаллювиальных отложениях бурые лесные слабонасыщенные почвы неозёлювиальных ландшафтов, отнесены к почвам железисто-метаморфического отдела и выделены как ржавозёмы типичные (разрезы 16-2 и 16-3).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Полынов Б.Б.* Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1956, 751 с.
2. *Грачёва Р.Г., Таргульян В.О.* Макро- и мезоморфологическая диагностика почв и элементарных процессов в ряду почв бурозём – подбур / Почвообразование и выветривание в гумидных ландшафтах. М, 1978. С. 103–121.
3. *Добровольский Г.В., Урусевская И.С.* География почв: Учебник. М, 2004, 460 с.
4. *Зонн С.В.* Горно-лесные почвы Северо-Западного Кавказа. М.; Л.: Из-во АН СССР, 1950., 337 с.
5. *Иванов Г.И.* Генетические особенности почв равнин Приморья // Генезис бурых лесных почв. Владивосток, 1972. С. 20–34.
6. *Иванов Г.И.* Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976, 187 с.
7. *Караваева Н.А., Прокопчук В.Ф.* Формирование почв с бурым профилем на севере Приамурья и Сахалина // Почвоведение, 2004. № 9. С. 1029–1039.
8. *Классификация и диагностика почв России.* Смоленск: Ойкумена, 2004, 342 с.
9. *Классификация и диагностика почв СССР.* М.: Колос, 1977, 224 с.
10. *Орлов, Д.С., Гришина Л.А.* Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981, 272 с.
11. *Пустовойтов Н.Д.* Сезонно-мерзлотные почвы и их мелиорация. М.: Наука. 1971, 232 с.
12. *Теория и практика химического анализа почв.* Под ред. Л.А. Воробьёвой. М.: ГЕОС, 2006, 400 с.
13. *Терентьев А.Т.* Почвы Амурской области и их сельскохозяйственное использование. Владивосток: ДВ книжное издательство, 1969, 261 с.
14. *Фирсова В.П., Ржанникова Г.К.* Сравнительная характеристика бурых горно-лесных почв Урала и некоторых других территорий // Генезис бурых лесных почв. Владивосток, 1972. С. 57–64.

Работа рекомендована к.б.н. доцентом Е.Ю. Сухачёвой.

СТРАНИЦЫ ТВОРЧЕСКОЙ БИОГРАФИИ Б.Ф. АПАРИНА

Е.Ю. Сухачева, С.Н. Чуков, Г.А. Касаткина

ФГБНУ ЦМП им. В.В. Докучаева,
Санкт-Петербургский государственный университет



Апарин Борис Федорович, профессор, зав. каф. почвоведения и экологии почв СПбГУ, научный руководитель ФГБНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева (ЦМП им. В.В. Докучаева).

Родился 19 апреля 1942 года в г. Барабинске Новосибирской области.

1969 год – закончил с отличием географический факультет Ленинградского государственного университета (ЛГУ). Присвоена квалификация «Биогеограф – почвовед».

1973 год – окончил очную аспирантуру ЛГУ и защитил кандидатскую диссертацию на Ученом совете географического факультета ЛГУ. Научный руководитель – профессор Е.В. Рубилин. Присвоена ученая степень «кандидат географических наук».

1976–2016 гг. – директор Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева.

1983 год – присвоено ученое звание «старший научный сотрудник» по специальности «Почвоведение».

1986 год – защитил докторскую диссертацию на Ученом совете Почвенного института им. В.В. Докучаева (г. Москва). Присвоена ученая степень «доктор сельскохозяйственных наук».

С 1992 года – зав. кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ.

1996 год – присвоено ученое звание «Профессор».

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

С 1992 года возглавляет кафедру почвоведения и экологии почв СПбГУ. Под руководством Б.Ф. Апарина осуществлен переход на 2-х ступенчатую систему бакалавриат – магистратура. Разработаны новые учебные планы. За этот период сотрудниками кафедры защищены 9 докторских диссертаций. Сформирован эффективно работающий коллектив преподавателей и научных сотрудников, в составе которых 5 докторов наук и 6 кандидатов наук. Осуществлена неформальная интеграция ресурсного потенциала кафедры и ЦМП им. В.В. Докучаева, направленная на совершенствование подготовки студентов по направлению «Почвоведение».

Б.Ф. Апарин читает базовые курсы:

- Общее почвоведение (бакалавриат);
- Методология современного почвоведения (магистратура);
- Теория почвообразовательного процесса (магистратура);
- Глобальные проблемы почвоведения (аспирантура);
- История науки – Парадигма почвоведения (аспирантура).

Руководит в СПбГУ основными образовательными программами «Почвоведение»: бакалавриат и магистратура.

2015 год – разработана концепция «модернизации учебного плана ООП «Почвоведение» и на ее основе разработаны новый учебный план (прием 2017 года) и РПУДы. Соавтор: С.Н. Чуков.

2016 год – в учебный план впервые введены новые дисциплины:

- Санитарное почвоведение;
- Метагеномика почв;
- Маршевые и аквальные почвы;
- Арктические почвы;
- Конструирование почв;
- Почвенно-экологические изыскания;
- Инженерное почвоведение.

2012 год – автор учебника «Почвоведение». 3 издания.

Редактор и соавтор учебных пособий:

- 2002 год – «Бонитировка почв и основы государственного земельного кадастра».

Соавторы: А.В. Русаков, Д.С. Булгаков.

- 2004 год – «Картография почв». Соавтор: Г.А. Касаткина.

– 2006 год – «Словарь – справочник почвенно-экологических терминов». Соавторы: А.И. Попов и др.

– 2007 год – «Почвы природных зон русской равнины». Соавторы: Г.А. Касаткина и др.

- 2012 год – «Почвенное картирование». Соавторы: Г.А. Касаткина и др.

Руководит ВКР бакалавров и магистрантов.

Под руководством Б.Ф. Апарина защищены 4 кандидатских и 2 докторских диссертации.

2015–2017 гг. – соруководитель аспирантской работы Е.В. Мингареевой.

НАУЧНАЯ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Б.Ф. Апарин является неформальным лидером Докучаевской научно-педагогической школы фундаментального почвоведения СПбГУ. Руководитель фундаментальных и прикладных исследований в ЦМП им. В.В. Докучаева и на кафедре почвоведения и экологии почв СПбГУ.

Область интересов: генезис и география почв, картография и классификация почв, палеопочвоведение, плодородие, метагеномика почв, гидрология почв, физика почв, эволюция почв, мониторинг и экологические функции почв, красная книга почв, методология науки, городские почвы, органо-минеральная матрица почв.

КРУПНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Монографии

1975 год – «Особенности почвообразования на двучленных породах северо-запада русской равнины». Соавтор: Е.В. Рубилин.

1992 год – «Географические основы рационального использования почв».

1997 год – «Эволюционные модели плодородия почв».

2006 год – Докучаевская парадигма естествознания «К 160-летию со дня рождения В.В. Докучаева».

2007 год – «Красная книга почв Ленинградской области». Соавторы: Касаткина Г.А., Матинян Н.Н., Сухачева Е.Ю.

2009 год – «Эволюция почв и почвенного покрова мелиорированных земель». Соавтор: Сухачева Е.Ю.

Статьи

2014 год – «Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере г. Санкт-Петербург)», ж. Почвоведение. Соавтор: Е.Ю. Сухачева.

2016 год – «Погребенные почвы археологического памятника древнепалеолитической стоянки человека «Костенки-1», ж. Почвоведение. Соавтор: Е.Ю. Сухачева.

Другое

1990 год – изданы «Методические рекомендации по выявлению заброшенных пашен».

2003 год – создана компьютерная база данных коллекции почвенных монолитов ЦМП им. В.В. Докучаева. Научный руководитель. Автор: В.Б. Апарин.

2007 год – издан атлас «Почвы мира». Отв. редактор. Перевод с немецкого.

2008 год – отв. редактор иллюстрированного переиздания книги В.В. Докучаева «Русский чернозем» с комментариями и статьей.

2014 год – получено авторское свидетельство. «База данных о характеристиках почв, отображенных картографически...». Соавторы: Е.Ю. Сухачева и др.

2015 год – опубликована почвенная карта Санкт-Петербурга, масштаб 1:50 000. Соавтор: Е.Ю. Сухачева.

С 1998 года – организатор и бессменный председатель оргкомитета Международных научных конференций «Докучаевские молодежные чтения». Проведено 20 конференций.

1998–2017 гг. – ответственный редактор 20 сборников материалов Международной научной конференции «Докучаевские молодежные чтения».

1999 год – инициатор возобновления периодического издания СПбГУ «Материалы по изучению русских почв», основанного в 1885 г. А.В. Советовым и В.В. Докучаевым.

1999–2017 гг. – ответственный редактор 9 выпусков «Материалы по изучению русских почв».

2003 год – разработана программа исследования залежных почв в России.

2006 год – разработана концепция органо-минеральной матрицы. Соавтор: Е.Ю. Сухачева.

2016 год – проведено исследование генома городских почв. Соавторы: Е.Ю. Сухачева, Е.Е. Андронов и др.

Руководитель грантов РФФИ (многократно):

– 2017 год – «Докучаевские молодежные чтения».

– 2015–2017 гг. – «Типология гумусовых горизонтов почв урбоэкосистем (на примере г. Санкт-Петербург)».

Всего Б.Ф. Апариным опубликовано более 250 научных работ, в том числе 7 монографий.

С 1976 года – организованы и проведены более 40 научных экспедиций.

Принял участие в более чем 60 научных конференциях в России и за рубежом.

НАУЧНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКАЯ И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

1976–2016 гг.:

– создано более 50 передвижных (демонстрировались в г. Москва, г. Тбилиси, г. Ташкент, г. Пущино, Каменной степи Воронежской области) и стационарных выставок под научным руководством Б.Ф. Апарина.

– под руководством и непосредственным участием Б.Ф. Апарина собрана коллекция почвенных монолитов из различных природных зон (200 ед.). Соавторы: Г.М. Быстряков, В.Б. Петров и др.

1978 год – «Положение о музейной работе ЦМП им. В.В. Докучаева». Научный руководитель. Утверждено на Ученом совете Почвенного института им. В.В. Докучаева.

1978–1980 гг. – Б.Ф. Апариним разработана научная концепция и структура почвенно-экологической экспозиции ЦМП им. В.В. Докучаева. Утверждена на Ученом совете Почвенного института им. В.В. Докучаева (1980 год).

1979 год – научная конференция, посвященная 75-летию ЦМП им. В.В. Докучаева. Председатель оргкомитета.

1980–1995 гг. – разработано более 50 научно-экспозиционных тем. Научный руководитель. Исполнители: Р.П. Деденина, Т.В. Аристовская, В.В. Пономарева, Л.В. Зыкина и др.

1983 год – выставка «Русский чернозем». Научный руководитель. Исполнители: Р.П. Деденина и др. Демонстрировалась в фойе «Дома союзов», г. Москва.

1984 год – «Методические рекомендации по созданию экспозиций и выставок почвенных коллекций для краеведческих музеев и отделов природы». Научный руководитель. Соавторы: Р.П. Деденина и др.

1989–1996 гг. – проведена генеральная реконструкция музея. Научный руководитель. Разработано архитектурно-художественное решение новой экспозиции музея (архитектор: В.П. Наливайко).

1996 год – открыта новая почвенно-экологическая экспозиция музея «К 150-летию В.В. Докучаева». В этот же год Б.Ф. Апарин – один из главных организаторов 2-го съезда почвоведов России в г. Санкт-Петербург. Созданы видеофильмы: «В.В. Докучаев – к 150-летию со дня рождения» (режиссер: О. Подольская); «2-й съезд почвоведов России (режиссер А. Керде). Научный консультант.

1998 год – создан видеофильм «Четвертое царство природы». Научный консультант. Режиссер: О. Подольская.

1998–2006 гг. – собрана коллекция почвенных монолитов «Красная книга почв Ленинградской области». Научный руководитель. Исполнители: Е.Ю. Сухачева, С.Н. Чуков и др.

1999 год – созданы выставки:

– «В краю великих вдохновений», посвященная 200-летию со дня рождения А.С. Пушкина. Научный руководитель. Демонстрировалась в Пушкинском лицее (Царское село, г. Пушкин). Соавтор: Е.Ю. Сухачева.

– «100 лет журналу «Почвоведение». Научный руководитель. Исполнитель: Л.В. Зыкина. Демонстрировалась в МГУ.

2000 год – создан сайт Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева. Научный руководитель.

2001 год:

– создан видеофильм «Почва – зеркало ландшафта». Научный консультант. Сценарий: Е.Ю. Сухачева. Режиссер: О. Подольская.

– разработана научная концепция макета «Экологическая ситуация Ленинградской области». Соавтор: Е.Ю. Сухачева.

2002 год – разработана сквозная система экологического образования в области почвоведения. Соавтор: Е.Ю. Сухачева. Внедрена в работу музея.

2003 год – создан видеофильм «Спасите наши почвы». Научный консультант. Режиссер: О. Подольская.

2004 год:

– Международный форум «Сохраним планету земля», посвященный 100-летию музея. Председатель оргкомитета.

– создан видеофильм «Неизвестная земля предков». Научный консультант. Режиссер: О. Подольская.

2005 год – разработана научная концепция экспозиции «Единство мира».

2008 год:

– разработана научная концепция и программа участия музея в фестивале «Детские дни». Соавтор: Е.Ю. Сухачева.

– разработана научная концепция выставки «Terra Incognita». Выставка прошла в рамках ежегодного фестиваля «Современное искусство в традиционном музее». Соавтор: Е.Ю. Сухачева.

2009 год:

– разработана научная концепция и программа участия музея в ежегодной акции «Ночь музеев». Соавтор: Е.Ю. Сухачева.

– разработана научная концепция и создана оригинальная экспозиция «Подземное царство» (грант Фонда Династии). Соавторы: Е.Ю. Сухачева, П.А. Гурин.

2009 – 2013 гг. – созданы мультфильмы: «Путешествие дождевого червяка», «Город бактерий», «Суперкапли спешат на помощь», «Органо-минеральная матрица почвы», «Все мы хотим есть». Соавторы: Е.Ю. Сухачева, П.А. Гурин.

2010 год – разработана научная концепция выставки «Инкубатор жизни». Выставка прошла в рамках международного фестиваля фонда «Династия» «Жизнь. Версия науки». Соавторы: Е.Ю. Сухачева, П.А. Гурин.

2013 год – разработана научная концепция и создан инновационный образовательный художественный комплекс «Шагреновая кожа». Соавторы: Е.Ю. Сухачева, П.А. Гу-рин.

ЭКСПЕРТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

2001–2007 гг. – эксперт РФФИ.

2017 год:

– член редколлегии ж. «Почвоведение».

– эксперт Федерального реестра экспертов научно-технической сферы.

– эксперт РАН.

– член специализированного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций. Специальность: 25.00.23 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов.

– член специализированного совета по защите диссертаций. Специальность: 25.00.24. – Экономическая, социально-политическая и рекреационная география. Специальность: 25.00.26. – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель.

– член Ученого совета Почвенного института им. В.В. Докучаева, г. Москва.

– член Федерального учебно-методического объединения (ФУМО) «Биологические науки».

ПРИЗНАНИЕ

Вице-президент Докучаевского общества почвоведов России.

Член редколлегии журнала «Почвоведение».

Член 3-х Ученых советов и 2-х специализированных советов по защита диссертаций.

1978–2015 гг. – член Международного совета музеев (ИКОМ).

1980 год – награжден Почетной грамотой министра сельского хозяйства СССР за активное участие в развитии науки о почве.

1996 год – награжден Благодарностью министра культуры РФ за заслуги перед Отечеством в деле сохранения национального достояния.

1997 год – присуждена государственная научная стипендия Президиумом РАН.

2000 год – награжден Почетной грамотой министра сельского хозяйства РФ за многолетний добросовестный труд и плодотворную научную деятельность.

2008 год – присужден диплом Россельхозакадемии за лучшую завершенную научную разработку в области АПК России.

2009 год – присуждена Почетная грамота Министерства образования и науки РФ за вклад в подготовку специалистов высшей квалификации.

2010 год – присужден диплом Лауреата Университетской премии «За научные труды» за цикл работ в области экологии почв.

2012 год – присуждена Почетная грамота Российской академии сельскохозяйственных наук за вклад в развитие сельскохозяйственной науки.

2012 год – избран Почетным членом Общества почвоведов Азербайджана.

2015 год – избран Почетным членом Белорусского Общества почвоведов и агрохимиков.

2014 год – присвоено звание «Академик Общественной российской экологической академии».

2015 год – присужден диплом Лауреата Университетской премии за цикл работ «Антропогенно-преобразованные почвы: диагностика и классификация».

2017 год – присужден орден В.И. Вернадского Неправительственным экологическим Фондом имени В.И. Вернадского.

ИСТОЧНИКИ

«Вестник СПбГУ» (1996, 2006 гг.), «Золотая книга Санкт-Петербурга» (2003 год), «Вектор Региона (2004 год)», «Профессора СПбГУ» (2004 год), анкетные данные, публикации, документы.

СОДЕРЖАНИЕ

Материалы Международной научной конференции XX Докучаевские молодежные чтения «Почва и устойчивое развитие государства»	3
<i>Максимова Е.Ю., Апарин Б.Ф., Рюмин А.Г.</i> 20 лет Докучаевским молодежным чтениям....	4
<i>Андреев П.В., Верлова Т.А., Шоркунов И.Г., Русаков А.В.</i> Полигенетическая модель дерново-подзолистой почвы на покровных суглинистых отложениях междуречья Борисоглебской возвышенности	12
<i>Горовцов А.В., Асташова Е.Ф., Саламова А.С., Замулина И.В.</i> Влияние длительного полиметаллического загрязнения на нитрифицирующую активность почв и донных отложений оз. Атаманское	18
<i>Гюльтер Д.Ф.</i> Влияние очистки растворов гуминовых веществ на митотический индекс клеток корневого апекса гороха и лука репчатого	21
<i>Дударева Д.М., Квиткина А.К.</i> Стехиометрические отношения биофильных элементов С:N, С:Р И N:Р в растениях, микробной биомассе и подвижных пулах почвы.....	27
<i>Захарова М.К., Касаткина Г.А., Рюмин А.Г.</i> Пространственная неоднородность почвенного покрова Тихвинского лесопитомника	31
<i>Капустина И.С., Кузьменкова Н.В., Терская Е.В.</i> Загрязнение почв г. Серпухова тяжелыми металлами и металлоидами	37
<i>Касаткина Г.А., Матинян Н.Н., Шешукова А.А.</i> Почвенный покров Саблинской учебно-научной базы Санкт-Петербургского государственного университета	42
<i>Казадаева Ю.С.</i> Токсическое действие микроорганизмов-нефтедеструкторов на рост и развитие пшеницы при возрастающих дозах азотного питания.....	52
<i>Коркина Е.А.</i> Генезис и свойства позднеплейстоценовых почв центральной части Западно-Сибирской равнины	55
<i>Козина Т.А.</i> Агроэкологическая оценка современных и средневековых аллювиальных пахотных почв и культурных слоев археологических памятников Московской области.	60
<i>Козырев Д.А., Дергачева Е.В., Дубинина М.Н., Тагивердиев С.С.</i> Радиологическая характеристика почв естественных ландшафтов на примере Ростовской области.....	65
<i>Кравцов П.Г.</i> Влияние концентрации гумусовых кислот на групповой состав гумуса миграционно-мицелярных чернозёмов.....	70
<i>Кузнецова К.А.</i> Почвы верховых торфяных болот Западной Сибири (Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа)	74
<i>Кузьминская Н.Ю.</i> Оценка деградации почв в результате применения противогололедных реагентов (на примере западного округа Москвы).....	78

<i>Лазарева М.А.</i> Подходы к выделению контуров антропогенно-измененных почв Ленинградской области	84
<i>Мингареева Е.В.</i> Содержание радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) в почвах мониторинговых участков Лисинского лесничества Ленинградской области.....	88
<i>Мусаев Т.К.</i> Виртуальное почвенное пространство.....	96
<i>Огородников С.С.</i> Устойчивое развитие регионов России (на примере Тульской области)	102
<i>Ревина Я.С.</i> Потенциальные объекты красной книги почв Крыма и их классификационное положение.....	107
<i>Русакова Е.А.</i> Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева (хроника событий).....	110
<i>Сафарова А.М.</i> Деградация земель и экосистемные услуги Астраханской области	118
<i>Симонова Ю.В., Рюмин А.Г.</i> Засоленные почвы Ростовской низины (Ярославская область): история изучения и современное состояние	122
<i>Соколовская Е.Л.</i> Состав и свойства лабильных гумусовых веществ чернозема обыкновенного каменной степи	130
<i>Сорокина К.И.</i> Нефтепродукты и легкорастворимые соли в болотных почвах Среднего Приобья (на примере Самотлорского месторождения)	135
<i>Сулейманов А.Р.</i> Применение ГИС-технологий в оценке экологического состояния почв.	140
<i>Трофимова А.Н., Андреева Ю.И.</i> Исследование влияния антропогенной нагрузки на экологическое состояние почвенного покрова в поселке Большой Соловецкий архипелага Соловецкие острова	144
<i>Ускова Н.В.</i> Экологическая оценка влияния длительного применения различных систем удобрения на содержание активных компонентов гумуса и физико-химические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы	149
<i>Фастовец И.А., Котельникова А.Д., Рогова О.Б., Сушков Н.И., Волков Д.С., Проскурнин М.А., Пашкевич Е.Б.</i> Применение множественной линейной регрессии для оценки влияния почвенного лантана на баланс питательных элементов ячменя..	154
<i>Чаплыгин В.А., Маиштыкова Л.Ю., Манджиева С.С., Белоконь Л.Н.</i> Некоторые аспекты распределения микроэлементов в растениях семейства астровые (<i>Asteraceae</i>) в условиях техногенного загрязнения.....	158
<i>Шевчук Е.А.</i> Современное классификационное положение бурых лесных почв Зейско-Буреинской почвенной провинции.....	162
<i>Сухачева Е.Ю., Чуков С.Н., Касаткина Г.А.</i> Страницы творческой биографии Б.Ф. Апарина	168

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ
Выпуск 10 (37)

Компьютерная верстка А.Г. Рюмина

Подписано в печать с оригинал-макета заказчика 01.12.2017 г.

Формат 60х84/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 22,0. Тираж 71 экз. Заказ №

Типография Издательства СПбГУ
199034, Санкт-Петербург, Менделеевская лин., д. 5