

ISSN 1561-1124

МАТЕРИАЛЫ
ПО
ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ

ВЫПУСК 7 (34)



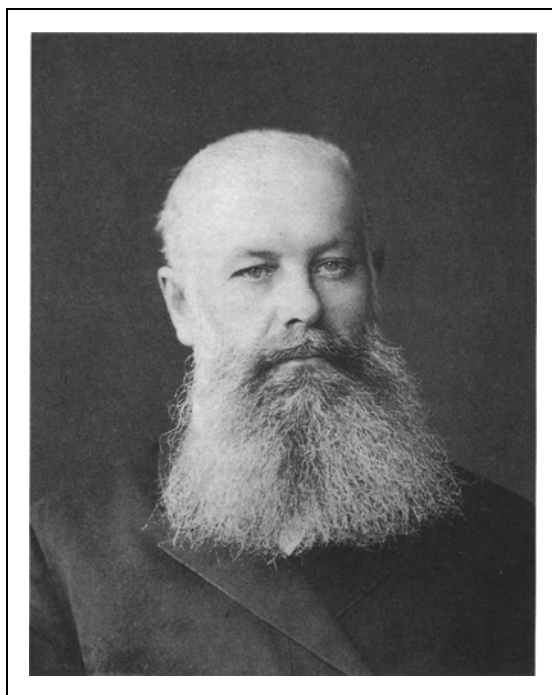
Издательство Санкт-Петербургского университета
2012

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

МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ

ВЫПУСК 7 (34)

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



Издательство С.-Петербургского университета
2012

УДК 631.4
ББК 40.3
М34

Редакционная коллегия: *Б.Ф. Апарин (председатель), Е.В. Абакумов, Г.А. Касаткина, Н.Н. Матинян, А.И. Попов, О.В. Романов, А.В. Русаков, А.Г. Рюмин, Е.Ю. Сухачева, С.Н. Чуков*

*Печатается по постановлению
Ученого совета Биолого-почвенного факультета
Санкт-Петербургского государственного университета*

Материалы по изучению русских почв. Вып. 7 (34): Сб. науч. докл. / Под ред. М34 Б.Ф. Апарина. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2012. – 198 с.

В очередном, седьмом, выпуске «Материалов по изучению русских почв» (вып. 6 (33) вышел в 2009 г.) представлены доклады участников XV Докучаевских молодежных чтений на тему «Почва как природная биогеомембрана» (1–3 марта 2012 г.), а также статьи студентов СПбГУ, подготовленные по материалам магистерских диссертаций и бакалаврских выпускных квалификационных работ, защищенных на кафедре почвоведения и экологии почв в 2012 г.

Материалы посвящены широкому кругу проблем почвоведения: исследованию свойств почв как природной биогеомембраны, особенностей межфазных взаимодействий в почвах, экологических функций почв, сохранению и повышению плодородия земель, рациональному использованию почвенных ресурсов страны.

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

ББК 40.3



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

© Биолого-почвенный
факультет СПбГУ, 2012
© Авторы, 2012

XV ДОКУЧАЕВСКИЕ МОЛОДЕЖНЫЕ ЧТЕНИЯ

Е.Ю. Максимова¹, Е.Ю. Сухачева²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, soil@bio.ru

²ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии

С 1 по 3 марта 2012 года в Санкт-Петербургском государственном университете на кафедре почвоведения и экологии почв и в ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии была проведена Международная конференция «Почва как природная биогеомембрана».

Конференции на базе ГНУ ЦМП им. В.В. Докучаева и СПбГУ проводятся ежегодно с 1997 г. В этом году у конференции был юбилей – они проводятся уже 15-ый раз! Конференции стали самой популярной школой научного общения маститых ученых, студентов и молодых почвоведов ВУЗов и НИИ различных регионов России и стран ближнего зарубежья. Особенностью является то, что готовят и проводят конференции сами студенты.

Международная конференция «Почва как природная биогеомембрана» была посвящена проблеме исследования почвы как особой биогеомембраны. Почвы выполняют разнообразные экологические функции, благодаря сложной организации и межфазным взаимодействиям. Находясь на границе раздела лито-, гидро-, атмо- и биосферы, почвенный покров служит своеобразной мембраной, принимающей и трансформирующей различные химические вещества и энергию. Исследования свойств почвы как биогеомембраны и особенностей межфазных взаимодействий в почвах является актуальной фундаментальной проблемой современного почвоведения. Мембрана – оболочка, полупроницаемая пленка, которая разделяет различные среды. Почвенный слой обладает свойствами такой мембраны: формирует обмен веществ и энергии между всеми фрагментами географической оболочки. Развитие этой оболочки началось более трех миллиардов лет назад, когда сформировалась минеральная матрица почвы. Почва – колыбель жизни. Основа всех эволюционных изменений. Она собирает и удерживает элементы-органогены, поглощает и сохраняет влагу, регулирует поток геохимических и техногенных веществ. Проходя через такую мембрану, вещества полностью или частично изменяют свой состав и свойства.

Тема конференции была предложена студентами, членами оргкомитета. Заявки на конференцию поступили из различных регионов России, в том числе, из городов: Казани, Якутска, Оренбурга, Владивостока, Томска, Белгорода, Улан-Удэ, Москвы, Перми, Краснодар, Сыктывкара, Новокузнецка и др., а также с Украины, республики Беларусь, Казахстана, Молдовы. Конференция была посвящена памяти крупного оригинального ученого из Казани Р.В. Ризположенского, имя которого, к сожалению, мало известно подрастающему поколению исследователей.

Открытие конференции состоялось 1 марта 2012 года в актовом зале Санкт-Петербургского государственного университета. С приветственными словами к молодым юношам и девушкам обратился первый проректор по учебной и научной работе СПбГУ, профессор Игорь Алексеевич Горлинский. В приветствии он пожелал участникам конференции найти новые импульсы саморазвития. Проректор напомнил, что десятки молодых людей, которые начинали академическую карьеру на Докучаевских чтениях, сейчас занимают верхние строчки рейтингов в мировом и отечественном почвоведении. Игорь Алексеевич также сообщил, что СПбГУ готов на экспертном уровне способствовать продвижению законопроекта об охране почв, предложенного к рассмотрению ещё в 2001 году и до сих пор не принятого. Для этого в Университете есть специалисты в области почвоведения, экологии и природоохранного законодательства. Развитие образования в области экологии почв должно работать на будущее. Человечеству ещё не раз предстоит столкнуться с проблемами, вызванными непониманием значения почвы – этого уникального природного создания, особого ресурса, который находится в центре всех природных сфер.

Пленарное заседание открыл заведующий кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ, директор ЦМП им. В.В. Докучаева, профессор Б.Ф. Апарин, чей доклад «Почва как природная биогеомембрана» определил направления научной работы конференции. Термин «биогеомембрана» призван показать понятие «почва» в новом свете, вызвать новые ассоциации, новые подходы.

Были заслушаны пленарные доклады:

– Мазнык Л.В., (аспирант ЛНУ им. Ивана Франко, Львов, Украина) «Зарождение знаний о почвах в Украине»;

– Осиной Д.Е., (аспирант МПГУ, Москва) «Эколого-геохимические параметры тяжелых металлов в природных и антропогенно-измененных почвах бассейнов рек Угры и Жиздры»;

– Рыжикова В.А., (научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси, Минск) «Особенности загрязнения придорожных почв полициклическими ароматическими углеводородами на территории г. Минска»;

– Новикова С.Г., (аспирант Института леса, Карельский научный центр РАН, Петрозаводск) «Почвы урбанизированных территорий как биогеохимический барьер на пути тяжелых металлов»;

– Мингареевой Е.В., (магистрант СПбГУ) «Радионуклиды в почвах основных типов ландшафтов Северо-Запада России».

Всего на конференции было заслушано 79 докладов. В них рассматривались результаты исследований строения, свойств и генезиса различных типов почв как особой биогеомембраны, изучения особенностей межфазных взаимодействий в почвах, изменения поглотительной способности и экологических функций естественных и антропогенно-преобразованных почв, применения гуминовых препаратов при рекультивации, решении вопросов ремедиации нефтезагрязненных земель.

В Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева под председательством магистранта второго курса Н.О. Бакуновича состоялось заседание круглого стола на актуальную и довольно насущную для современного студента, получающего образование в области почвоведения, тему «Мотивация получения высшего образования в области почвоведения». В рамках круглого стола велась дискуссия на разнообразные темы: качество современного образования в нашей стране и за границей, аспирантура, получение всевозможных грантов и другие способы финансирования науки, поиск дальнейшей работы в России и за рубежом.

Восьмой год на конференциях проводится заседание отдельной школьной секции. В 2012 году были заслушаны 27 докладов практически только почвенной или агрохимической тематики. Помимо ребят из школ Санкт-Петербурга на конференции приняли участие школьники из других городов: Белгорода, Волгограда, Перми, Соснового Бора. Всего в заседании школьной секции участвовало 45 человек: 35 школьников-докладчиков и 10 руководителей.

Важным событием для участников конференции было посещение Смоленского кладбища и возложение цветов на могилу выдающегося естествоиспытателя В.В. Докучаева. Затем конференция продолжилась в Центральном Музее почвоведения им. В.В. Докучаева. Здесь состоялось открытие фотовыставки «Родная земля», организатор – магистрант 2 курса Высшей школы журналистики СПбГУ Ярошевский П.В. Лейтмотивом выставки была любовь к Родной Земле, бережное отношение к почве неразрывная связь человека с землей. Фотографии демонстрировали различные способы взаимодействия человека с землей: земля – кормилица, земля – объект для инвестиций, земля – источник пыли, земля – объект научных исследований и т.д.

Еще одним событием конференции явилось открытие в музее выставки «Р.В. Ризположенский, 150 лет со дня рождения», подготовленной ведущим научным сотрудником музея Русаковой Е.А. Материалы, собранные сотрудниками музея, раскрыли богатое научное наследие этого неординарного исследователя.

К началу конференции были изданы сборник материалов научной конференции «Почва как природная биогеоомембрана» и Программа конференции.

Конференция прошла при поддержке РФФИ, ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, Фонда сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева, и была освещена в СМИ.

На закрытии конференции участники единогласно постановили:

Опубликовать лучшие доклады в виде статей в периодическом издании СПбГУ «Материалы по изучению Русских почв» выпуск 7 (34) и просить кафедру почвоведения и экологии почв СПбГУ организовать XVI Докучаевские молодежные чтения в 2013 году.

МАРИЯ АЛЬФРЕДОВНА ГЛАЗОВСКАЯ И ДОКУЧАЕВСКАЯ ШКОЛА
ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
(ЛЕНИНГРАДСКОГО) УНИВЕРСИТЕТА

Б.Ф. Апарин, Э.И. Гагарина, Г.А. Касаткина, Н.Н. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, soil@bio.ru

Выдающийся почвовед, кандидат геолого-минералогических наук, доктор географических наук, профессор, заслуженный деятель науки РСФСР Мария Альфредовна Глазовская родилась в Санкт-Петербурге 26 января 1912 года в семье служащих. Отец – врач, мать до революции – переводчица и переписчица на машинке, после революции – учительница в школе.

25 июня 1928 года М.А. Глазовская окончила девятилетнюю школу им. Белинского в городе Колпино под Ленинградом. Обучаясь в школе, она приобрела знания и навыки в объеме, установленном для школы 9-летки по следующим предметам: обществоведению, родному языку и литературе, математике, естествознанию, химии, физике, географии, иностранному языку (немецкому), труду (в слесарных школьных мастерских и на пришкольном земельном участке), изобразительному искусству, музыке и пению, физкультуре. Учась в школе, она участвовала в общественно-полезной работе [1].

В 1929 году Мария Альфредовна поступила в Ленинградский сельскохозяйственный институт (ЛСХИ) на отделение «Почвоведение». Но вследствие реорганизации ЛСХИ и сокращения специальности «Почвоведение», с 1 сентября 1930 года она перевелась в Ленинградский государственный университет на почвенное отделение геолого-почвенно-географического факультета.

К этому времени в Ленинградском (Санкт-Петербургском) университете сформировалась и получила дальнейшее развитие Школа генетического почвоведения, основоположником которой стал выпускник Санкт-Петербургского университета В.В. Докучаев, при поддержке профессоров А.В. Советова и Д.И. Менделеева.

В.В. Докучаев остро понимал необходимость создания единого образовательного пространства в области почвоведения. Он настаивал на широком развитии специального сельскохозяйственного образования: высшие, средние и низшие сельскохозяйственные учебные заведения должны представлять собой одно тройное целое, одну непрерывную систему-лестницу, которая дополнялась устройством местных естественноисторических и сельскохозяйственных музеев, коллекций, библиотек, опытных станций, организаций частных публичных курсов, сельскохозяйственных выставок, научных съездов и экскурсий. Признавая значение практического образования, В.В. Докучаев выступал и за создание кафедр «чистого почвоведения» при университетах. Этим он подчеркивал фундаментальность науки о почве как связующем звене между науками о живой и неживой материи. Идеи В.В. Докучаева были поддержаны профессором А.В.Советовым, возглавлявшим в Санкт-Петербургском университете кафедру агрономии с 1859 г. На кафедре агрономии прочно укрепился взгляд на почву, как на самостоятельное естественно-историческое тело природы и развернулись экспериментальные исследования по различным разделам почвоведения. В то же время, поскольку почва обладает плодородием, вполне естественно, что на кафедре агрономии она изучалась и как средство производства в сельском хозяйстве. В связи с этим в научной и педагогической работе кафедры принимал активное участие П.А. Костычев – крупный ученый-агропочвовед, заведующий кафедрой почвоведения Лесного института [2].

Дальнейшее развитие Докучаевской школы генетического почвоведения связано с именем профессора С.П. Кравкова, по инициативе которого кафедра агрономии в 1920 г.

была переименована в кафедру агропочвоведения, а в 1922 г. трансформирована в кафедру экспериментального почвоведения.

В 1925 г., когда в Ленинградский государственный университет влился Географический институт в качестве отдельного факультета, появилась самостоятельная кафедра географии почв, которой до 1928 г. руководил профессор С.С. Неуструев. При нем на кафедре усиливается внимание к экспедиционным работам и полевым исследованиям. Выпускниками кафедры были ученики С.С. Неуструева: И.П. Герасимов, Е.Н. Иванова, Е.В. Лобова, К.П. Горшенин, Н.Н. Розов, М.И. Рожанец, Н.Н. Соколов, Н.Л. Благовидов, с именами которых связаны выдающиеся достижения современного почвоведения.

В начале 1930-х годов в Ленинградском государственном университете на геолого-почвенно-географическом факультете работали замечательные воспитатели и педагоги: В.Н. Сукачев – геоботаник, лесовод, основоположник учения о биогеоценологии, Л.С. Берг – основатель школы ландшафтоведов, развивший учение В.В. Докучаева о природных зонах Земли, К.К. Марков – теоретик палеогеографии и геоморфологии, которые смогли привить студентам любовь к естествознанию. Почвенное отделение было представлено двумя кафедрами: кафедрой географии почв (заведующий профессор Б.Б. Полынов) и кафедрой экспериментального почвоведения (заведующий профессор С.П. Кравков).

К началу 1930-х годов на кафедре экспериментального почвоведения сложился дружный коллектив единомышленников: профессор Н.И. Прохоров, доцент Е.А. Домрачева, ассистент М.Д. Рыдалевская и младшие ассистенты В.В. Тищенко и В.Н. Симаков – выпускник 1925 года, ученик С.П. Кравкова. Между кафедрой экспериментального почвоведения и кафедрой географии почв существовала тесная связь. Докучаевское представление о почве как о продукте взаимодействия литологического, климатического, биологического и других факторов почвообразования стало главной основой подготовки почвоведов [2].

С 1929 г. кафедру географии почв возглавлял профессор Б.Б. Полынов, крупный исследователь в области круговорота химических элементов в природе и циклов выветривания. Б.Б. Полынов развивал идеи В.В. Докучаева о взаимосвязи факторов почвообразования и экспериментально показал важную роль живых организмов при почвообразовании. Он обогатил географию, создав учение о геохимии ландшафтов, имеющее теоретическое и народнохозяйственное значение. В это время студенты-почвоведы получили возможность изучать почвы по новому учебнику С.П. Кравкова «Почвоведение», вышедшему в 1930 году, и учебнику С.С. Неуструева «Элементы географии почв», опубликованному (посмертно) в 1931 году. Важное место в подготовке почвоведов в то время, также как и сегодня, отводилось практикам и экспедиционным работам. Поэтому на кафедре географии почв усиливается внимание к полевым исследованиям. С начала 1930-х годов на кафедре географии почв преподавал Иннокентий Петрович Герасимов, чья научная, научно-организационная и педагогическая деятельность имела большое значение для развития географии почв, физической географии, палеогеографии, четвертичной геологии и геоморфологии. Доцентом кафедры был Виктор Абрамович Ковда, который в своей научной и педагогической работе был последователем В.В. Докучаева и В.И. Вернадского. Подобно своим великим предшественникам, В.А. Ковда считал, что только глубокое понимание процессов взаимосвязи и взаимодействия в природе является теоретической основой для практических действий.

За время обучения в университете М.А. Глазовская выполнила все требования учебно-производственного плана. Ею были прослушаны теоретические курсы по геологическим, биологическим, географическим дисциплинам, важное место отводилось общеобразовательным курсам: Математика, Физическая химия, Физика, Почвенная микробиология, Гидрогеология, Геология четвертичных отложений, Морфология и систематика растений, Историческая геология, Зоология, Энтомология, Метеорология, Геология, Минералогия, Гидрология, Геоморфология, Топография, Петрография, Палеогеография, Гео-

графия почв СССР (ч. 1 и 2), Геоботаника, Почвенные коллоиды, Почвоведение, Основы земледелия, Коренные улучшения, Частное земледелие, Кора выветривания, Педагогика, Немецкий язык. Учебный план включал философские и политические предметы: Диалектический материализм, Исторический материализм, Политэкономика, Ленинизм, Теория советского хозяйства, а также характерные для того времени военные предметы: Военная администрация, Стрелковое дело, Тактика, Военная санитария. Освоены практические занятия по курсам: Зоология, Топография, Качественный анализ, Количественный анализ, Почвенный анализ, Основы земледелия, Педагогическая практика. Пройдены летние практики по почвоведению, глазомерной съемке, топографии, полевой геологии, геоморфологии, гидрологии и ботанике, а также летняя производственная практика по направлению «Почвоведение» [1].

Еще будучи студенткой, М.А. Глазовская приняла участие в экспедиции Почвенного института АН СССР в Нижнем Заволжье, организованной с целью проведения почвенно-мелиоративных исследований для орошения земель этого региона. Полевыми работами руководили В.А. Ковда и Н.Н. Лебедев [3]. Благодаря участию в этой экспедиции, Мария Альфредовна заинтересовалась формированием засоленных почв, а собранные материалы легли в основу ее дипломной работы: «Стадии развития солонцового процесса, их связь с возрастом рельефа». Работа была защищена с оценкой «Отлично» [1].

Во время учебы в университете она была профгруппоргом и членом бюро научного кружка почвоведов [1].

Мария Альфредовна успешно окончила Ленинградский государственный университет в 1934 году. Ей была присвоена квалификация научного работника второго разряда в области Почвоведения, и преподавателя ВУЗа и ВТУЗов, а также преподавателя техникумов, рабфаков и старших классов средней школы [1]. Одновременно с М.А. Глазовской кафедру географии почв окончили студенты И.Н. Скрынникова и И.Г. Розмахов. В это же время учились и участвовали в работе кафедры Н.Н. Дзенс-Литовская, С.П. Шустов, Р.С. Мельников-Волцит [2].

В 1934 году М.А. Глазовская поступила в аспирантуру Географо-экономического научно-исследовательского института при Ленинградском государственном университете по специальности «География почв». Ее научным руководителем был профессор Б.Б. Польшов. Одновременно с ней в 1934 году были зачислены в аспирантуру по специальности «Почвоведение» Л.Н. Александрова и А.Ф. Цыганенко (научный руководитель профессор М.Н. Рожанец) [1]. Материал для кандидатской диссертации был собран М.А. Глазовской в Каспийской экспедиции Почвенного института АН СССР, руководимой Б.Б.Польшовым. В работе этой экспедиции участвовал и В.А. Ковда, который, по воспоминаниям Марии Альфредовны, составил для нее специальную программу полевых исследований в заливе Мертвый Култук по изучению приморского засоления, что и явилось частью ее аспирантской темы «Стадии солонцообразования» [3]. За время обучения в аспирантуре она выполнила работы: «Изменение минералов в процессе осолонцевания и осолодения почв», «Метаморфоз морских отложений в наземных условиях». В 1937 году Мария Альфредовна защитила кандидатскую диссертацию по теме: «Материалы к изучению почвенных комплексов Прикаспийской низменности» [1].

После окончания аспирантуры М.А. Глазовская год работала ассистентом на кафедре географии почв географического факультета Ленинградского государственного университета у профессора М.И. Рожанца и активно участвовала в экспедициях Почвенного института им. В.В.Докучаева [1].

Помощник декана, профессор кафедры географии почв М.И. Рожанец дал следующую характеристику М.А. Глазовской: «...из служащих – беспартийная. Исключительные способности, увлечение научной работой, несколько повышенное честолюбие. Чрезвычайно быстрый рост и развитие, вооруженность новейшими методами экспериментального исследования почв: микроскопическим, и рентгеноскопическим. Знакома со всей дос-

тупной ей литературой по засоленным почвам. Вполне освоила немецкий язык и имеет успехи в английском языке (хорошо владеет устной речью и литературным языком)...» [1].

По заключению руководителя М.А. Глазовской, профессора Б.Б. Полынова: «...Лучшее применение ее силы и склонности найдут в научно-исследовательской деятельности и поэтому наиболее целесообразно ее дальнейшее продвижение в докторантуру Академии Наук...» [1].

Докучаевская школа генетического почвоведения Санкт-Петербургского (Ленинградского) университета послужила фундаментом в становлении известного ученого почвовед-географа и выдающегося педагога М.А. Глазовской.

Дальнейшее развитие школы почвоведения Санкт-Петербургского государственного университета связано также с именами выдающихся почвоведов. В военные годы (1942–1944), когда университет был эвакуирован в г. Саратов, на кафедре экспериментального почвоведения работают доценты М.Д. Рыдалевская, Е.И. Шилова, на каф. географии почв – доцент А.Ф. Цыганенко. В осажденном Ленинграде оставалась ассистент А.М. Мясникова. Несмотря на суровые условия военного времени, ни учебная, ни научная жизнь на кафедрах не прекращалась.

Новый этап в развитии почвоведения в Ленинградском государственном университете начался с переводом в 1949 г. почвенных кафедр на биологический факультет и созданием биолого-почвенного факультета. В это время кафедрой экспериментального почвоведения заведовал профессор И.В. Тюрин (с 1945 по 1952 г.), академик, основатель советской школы биохимии гумуса почв, а с 1952 г. – профессор В.Н. Симakov. На кафедре работали: доценты М.Д. Рыдалевская, П.А. Яцюк; ассистенты В.В. Пономарева, А.М. Мясникова. Кафедрой географии почв руководил профессор А.А. Завалишин (с 1947 по 1958 г), общественно-научная деятельность которого оказала большое влияние на формирование и развитие школы ленинградских почвоведов. А.А. Завалишину мы обязаны созданием такого центра почвенной науки на Северо-Западе, каким является Центральный музей почвоведения. Он вложил огромный труд в разработку и создание новой музейной экспозиции на основе географической зональности и систематики почв. Исследования А.А. Завалишина оставили яркий след в отечественном почвоведении и выдержали испытание временем. Он остается общепризнанным авторитетом в области генезиса, географии и классификации почв. Совместно с И.П. Герасимовым и Е.Н. Ивановой он принял участие в разработке нового подхода к классификации почв (А.А. Завалишин, 1973). С 1960 по 1962 г. кафедрой географии почв заведовал профессор Н.Н. Соколов, выпускник кафедры географии почв, ученик С.С. Неуструева и Л.И. Прасолова, выдающийся исследователь Северо-Запада, геоморфолог и почвовед. На кафедре географии почв работали: доценты А.А. Хантулев, А.Ф. Цыганенко; ассистенты О.А. Грабовская, Н.А. Благовидов, которые также внесли значительный вклад в развитие почвенной науки. В 1949 г. была создана новая кафедра основ агрономии, которой до 1953 г. заведовал академик ВАСХНИЛ И.И. Самойлов. Таким образом, с 1949 г. подготовка почвоведов осуществлялась уже на 3 кафедрах биолого-почвенного факультета.

С приходом в 1962 г. на кафедру ботанической географии географического факультета ЛГУ крупного ученого профессора Е.В. Рубилина была начата подготовка специалистов по специальности биогеограф-почвовед. Вокруг Рубилина сгруппировался небольшой научный коллектив с разносторонними научными интересами. Географо-генетические исследования почв проводились на Северо-Востоке Европейской России (А.В. Друзин), в Вологодской, Ленинградской областях (И.Я. Крым, Л.Л. Дворникова), влияние осушительной мелиорации изучали Н.С. Сотникова и Н.Г. Орельская. Было сделано 17 выпусков специалистов, проводился прием в аспирантуру (Апарин Б.Ф., Матинян Н.Н., 2006).

Докучаевская школа фундаментального почвоведения в Санкт-Петербургском университете живет и развивается и в настоящие дни. Подтверждением высокого уровня научных исследований сотрудников и студентов кафедры почвоведения и экологии почв

является большое количество грантов и проектов, полученных на конкурсной основе, защиты кандидатских и докторских диссертаций, проведение научных конференций и межвузовских студенческих конференций.

М.А. Глазовская оправдала напутствие своего учителя Б.Б. Плынова, став всемирно известным ученым и внося неограничиваемый вклад в дальнейшее развитие Докучаевской школы генетического почвоведения.

Многие поколения специалистов географов-почвоведов учились и учатся по ее лекциям и учебникам: «Геохимические основы типологии и методы исследования природных ландшафтов» (1964, 2002); «Почвы мира» т. 1 (1972); т. 2 (1973); «Общее почвоведение и география почв» (1981); «Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям» (1997); «География почв с основами почвоведения», 1995, 2005 (в соавторстве с А.Н. Геннадиевым). Она подготовила около 40 кандидатов и 8 докторов наук.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Архив Санкт-Петербургского государственного университета*
2. *Апарин Б.Ф., Матинян Н.Н.* Докучаевская школа генетического почвоведения Санкт-Петербургского университета на рубеже веков. // Вестник СПбГУ. Сер. 3, 2006, вып. 1, с. 3–18.
3. *Апарин Б.Ф., Федорова Н.Н., Счастливая Л.С.* Подготовка почвоведов в Санкт-Петербургском (Ленинградском) государственном университете (история и современность) // Вестник СПбГУ. Сер. 3, 2006, вып. 1, с. 39–51.
4. *Глазовская М.А.* Первый этап научной и научно-организационной деятельности в Почвенном институте АН СССР // В.А.Ковда: жизнь и научное наследие (к 100-летию со дня рождения) / Отв. Ред. Г.В. Добровольский. М. Наука, 2004, с. 104–108.
5. *Завалишин А.А.* Исследования генезиса серых лесных и подзолистых почв. Избранные труды. Л., Наука 1973, с. 3–11.

РАФАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ РИЗПОЛОЖЕНСКИЙ

Е.А. Русакова

Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург

Описаны основные жизненные этапы и научное мировоззрение казанского почвовед Р.В. Ризположенского, имя которого связано со становлением науки о почве.

В мае 2012 г. исполняется 150 лет Рафаилу Васильевичу Ризположенскому. Этот неординарный исследователь работал в период становления науки о почве и являлся представителем почвенно-биологического направления в почвоведении. Его почвенно-геологические исследования, теории о почвообразовательном процессе, сущности и задачах науки способствовали укреплению новой отрасли естествознания. Самые плодотворные годы своей жизни Р.В. Ризположенский занимался изучением почв и распространением знаний о них.

При написании данной статьи для уточнения биографических данных и основных научных достижений Р.В. Ризположенского были использованы, как литературные источники [5, 8, 14, 15], так и материалы переписки директора музея Почвоведения им. В.В. Докучаева профессора Б.Ф. Апарина с правнучкой Рафаила Васильевича – Кузовкиной Ольгой Ивановной.

Рафаил Васильевич Ризположенский родился 14 мая 1862 г. в семье священника села Солониково Костромской губернии. В 1880 г. он окончил 4 класса Костромской Духовной Семинарии.

В 1886 г. Ризположенский подал ректору Императорского Казанского Университета прошение о допущении к слушанию «в качестве постороннего слушателя» на физико-математическом факультете (по разряду естественных наук). С 1886 по 1889 год он посещал выбранные курсы, в основном это были практические занятия. Ризположенский являлся вольным слушателем, поэтому диплом об окончании университета он получить не смог, что не помешало ему приступить к почвенно-географическим исследованиям.

КАРТИРОВАНИЕ

В 1888 г. было начато масштабное изучение Казанской губернии в естественно-историческом отношении с привлечением целого ряда ученых. При этом на Р.В.Ризположенского и геоботаника А.Я. Гордягина было возложено проведение почвоведческих изысканий. Со временем эта работа разрослась в широкомасштабное исследование, проходившее на протяжении многих лет вплоть до 1896 г.

С 1893 г по 1897 г. Ризположенским были начаты исследования почв соседних с Казанской, восточных губерний Европейской России – Самарской, Симбирской, Вятской, Пермской, а также Тобольской губернии в Сибири. В результате была собрана обширная коллекция почв, дана их классификация, проведены некоторые химические анализы, составлено несколько почвенных карт и издан ряд печатных работ.

В 1905 г. Санкт-Петербургское губернское земство поручило Ризположенскому почвенное обследование губернии. Результаты он опубликовал в книге «Описание Санкт-Петербургской губернии в почвенном отношении», к ней прилагалась почвенная карта и 2 таблицы, с изображением 8 цветных почвенных монолитов [13]. Эти изображения почвенных профилей являются одними из первых в печатных изданиях. Ризположенским было дано геологическое, гидрографическое описание 8 уездов, на основе морфологического описания выделено 50 видов и разновидностей почв. Это было первое почвенное обследование данной территории, по словам Ризположенского «Почвенный покров его [С.-Петербургского уезда] своеобразен и – здесь встречаются виды почв, не бывшие ранее описанными» [13, с. 23]. (На сегодняшний день в Ленинградской области выделяют около 100 разновидностей почв.)

К 1907 г. по морфологическому методу Ризположенского были проведены работы в 47 уездах 5 губерний Европейской России. Было обследовано 618 тыс. км², или 15 % территории Европейской России и составлены почвенные карты [4, с. 34]. Хотя почвенные карты были схематичными, объединяли участки с однородными почвами, без деления их на типы и разновидности, тем не менее они давали общее представление о почвенном покрове данной территории.

КЛАССИФИКАЦИЯ

К 90-м годам отечественными естествоиспытателями уже был накоплен значительный материал по изучению почв и назрела острая необходимость теоретически обобщить собранные данные. В это время многие ученые взялись за создание почвенной классификации. В.В. Докучаев положив в основу построения своей классификации почв генетический принцип. Ризположенский дал критическую оценку классификации Докучаева. Он пишет, что предложенная проф. Докучаевым естественноисторическая классификация «не сделалась общепризнанной ни между агрономами, ни между самостоятельными исследователями почв ...Последнее обстоятельство указывает не столько на логические недостатки самой классификации, сколько на ее схематичность и недостаточную практическую обоснованность» [12, с. 8–9]. Классификация Н. Сибирцева, по его мнению основана «на еще менее разностороннем практическом опыте почвенных исследований в поле, потому носящая в значительной степени лабораторно-кабинетный характер» [12, с. 9].

Классификация Р.В. Ризположенского базировалась на морфологическом описании почв. «Я думаю, что для классификационных целей не должно быть особенной надобности прибегать ни к физическому, ни к химическому, ни к какому либо иному сложному анализу почв, а по возможности пользоваться морфологическими различиями и классифицировать их исключительно на основании признаков последнего рода» [12, с. 9].

В.В. Докучаев в своих выступлениях упоминает о большом значении выполненных Ризположенским исследований и собранных им коллекций, Василий Васильевич уважительно относился к своим оппонентам и умел прислушиваться к чужой точке зрения. Выступая на заседаниях почвенной комиссии при 1 отделении Вольного Экономического Общества 28 сентября 1896 г. Докучаев доложил составленную им новую классификацию почв, кроме этого он «указал на главнейшие основы классификаций» других ученых, в том числе и Ризположенского [3, с. 99].

В «Публичных лекциях по почвоведению и сельскому хозяйству» в 1898 г. В.В. Докучаев, рассказывая о почвенных классификациях, в том числе, рассматривает и классификацию почв Ризположенского [3, с. 213]. Правильность генетического подхода к построению почвенной классификации подтвердилась, всей более чем вековой историей развития отечественного почвоведения.

ПОЧВА И ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Ризположенский считал, что сущность почвообразования состоит только во взаимодействии организмов и горных пород. Горные породы разрушаются живыми организмами, преобразовываются и таким образом подготавливаются для следующих поколений. Почвенный покров «служит колыбелью и могилой жизни, где не только живые организмы, но и животный или растительный труп совершает работу на благо жизни» [12, с. 7].

По Ризположенскому, следует выделять 3 различных отдела почв, как поверхности соприкосновения живых организмов с неживой материей: твердые на границе биосферы с литосферой; жидкие – биосферы с гидросферой и газообразные – биосферы с атмосферой. Он пишет «... еще в 1892 г., после детальных изысканий в Казанской губ., сделан был мною набросок самостоятельной почвенной классификации в которой все возможные почвы были разделены на три отдела: твердых, жидких и газообразных» [12, с. 10]. Как пишет Г.Я. Стасьев, Ризположенский уже в то время свободно апеллирует понятием «биосфера» [15, с. 90].

Ризположенский полагал, что «податмосферные почвы образуются исключительно за счет деятельности сухопутных растений и животных. Эти почвы состоят из растительных и животных остатков, а также частей горных пород» [10, с. 73] остальные почвообразователи влияют на процессы почвообразования лишь косвенно, «климат и рельеф имеют посредственное значение, влияя на почву постольку, поскольку от них зависят организмы и влажное или сухое состояние горных пород» [10, с. 59].

ОТБОР МОНОЛИТОВ И КОЛЛЕКЦИЯ ОБРАЗЦОВ ПОЧВ

В 1889 г. им был предложен «особый способ собирания почвенных образцов, дающий возможность наблюдать почву в лаборатории и музее со всеми особенностями ее строения, в том виде, в каком она существует в природе» [12, с. 5]. Для этого Р.В. Ризположенский сам сконструировал специальный прибор для отбора почвенных образцов, описав его и технологию выемки монолита в Объяснительной записке к экспонатам, представленным на Всемирную Выставку 1900 г. в Париже, там же был дан рисунок прибора. Уже к 1900 г. этот способ, по словам самого Р.В. Ризположенского, сделался «более или менее распространенным в России» [12, с. 5].

Р.В. Ризположенский создал уникальные коллекции почв восточной части России, которые вместе с другими почвенными материалами выставлялись на всероссийских выставках и на международной выставке в Париже (1900). И, хотя, по словам П.В. Отоцкого, составлявшего обзор Русского отдела почвоведения на Парижской выставке «исследования

эти (почв Казанской губернии) менее детальны, чем в губерниях Нижегородской и Полтавской, тем не менее занимают видное место в ряду других подобных работ». [3, с. 47].

К 1912 г. почвенные коллекции Ризположенского были уже в 30 учреждениях и частных коллекциях [14]. Коллекции монолитов почв европейской части России собирались, описывались им более 10 лет (с 1893 г.). Позднее по взятым им монолитам были выполнены рисунки почвенных профилей в цвете, которые давали ясное представление о морфологических особенностях и строении данных почв.

По свидетельству А.Г. Лапениса, научная ценность исторических монолитов сегодня особенно высока, поскольку образцы имеют точные указания мест отбора и могут служить эталоном чистоты почв, т.к. собраны до активной индустриализации России [7]. Судьба большинства почвенных коллекций Р.В. Ризположенского неизвестна, одна из них, присланная им Лесному институту сохранилась и сейчас находится в Санкт-Петербургском государственном лесотехническом университете им. С.М. Кирова [1, с. 19].

МУЗЕЙНОЕ ДЕЛО

Разработка «Проекта организации и устава Казанского научно-промышленного музея», послужившая (с незначительными изменениями) основой устава Казанского городского музея, является одной из наибольших заслуг Рафаила Васильевича. Казанский музей просуществовал с этим уставом почти четверть века. Рафаил Васильевич писал проект устава под непосредственным влиянием Казанской научно-промышленной выставки 1890 г., после изучения специальной литературы и знакомства с музеями Санкт-Петербурга, Москвы, Саратова, Тифлиса, Нижнего Новгорода, Уфы. И, как пишет в своей книге Г.Р. Назипова, в отличие от своих предшественников – проектов В.М. Флоринского и А.П. Орлова, этот документ оказался со счастливой судьбой, он был претворен в жизнь [11]. Основной акцент Р.В. Ризположенский делал на социально-просветительскую функцию будущего (первого в своем роде в Казани) публичного музея, отмечая, что у нас «хорошо организованный музей» может явиться «едва ли не более выдающимся по своей полезности» средством образования простого народа во взрослом возрасте, чем школы, публичная литература и выставки.

В письме к Казанскому городскому голове С.В. Дьяченко, датированном маем 1894 г., Рафаил Васильевич, сообщая о составлении им коллекции местных почв, руд и насекомых, выражал надежду на работу в естественно-историческом отделе музея. В этом письме он отмечал, что большое влияние при составлении им «Проекта организации и Устава Казанского научно-промышленного музея» оказали мысли В.В. Докучаева, изложенные в «Проекте устава губернских, земских или городских естественно-исторических музеев».

В 1897 г., когда происходило формирование музея, Р.В. Ризположенский представил для экспозиции свои и университетские коллекции. В это же время он составил на русском и французском языках, а затем издал за свой счет «Краткий указатель группы почвоведения Казанского городского музея».

Подчеркивая, что наиболее полные и наиболее ценные коллекции русских почв сосредоточены в Санкт-Петербурге и Казани, Рафаил Васильевич высказался за своевременность и необходимость устройства в последней специального почвенного музея, в котором были бы представлены, по преимуществу, почвы восточной половины Европейской России. Свои соображения на сей счет Р.В. Ризположенский изложил в изданной в 1897 г. брошюре «О необходимости почвенного музея в Казани и проект его организации». При этом он предложил первоначально сосредоточить все казанские почвенные коллекции в Казанском городском музее, образовав в нем «группу почвоведения», что и было выполнено. С 1912 по 1918 г. Р.В. Ризположенский являлся хранителем Казанского городского музея, где организовал почвенный отдел.

Отмечая, что на его долю выпала «большая часть работы по изучению края в почвенном отношении и «заботы об изыскании необходимых для того средств и о дальней-

шем развитии изучения почв местного края местными же научными силами», Р.В.Ризположенский пишет, что последние «заставляли» его принимать участие «в трех местных выставках: в Казани, Москве и Нижнем Новгороде». «Высшие награды, присуждаемые на всех их за представлявшиеся мною экспонаты, – писал он, – немало способствовали укреплению прочной известности за казанскими почвенными исследованиями» [9, с.3].

Научная деятельность Р.В. Ризположенского получила признание не только на Родине, но и за рубежом. Атлас карт, чертежей и рисунков, на основании изучения почв восточной части Европейской России, коллекция типичных почв данной территории были им представлены в русском отделе почвоведения на Всемирной выставке 1900 г. в Париже [2. с. 43–52]. Ризположенский выставлял работы по изучению почв на Казанской международной выставке 1909 г. (в павильоне Пермского земства).

ЛИЧНАЯ ЖИЗНЬ

О личной жизни Р.В. Ризположенского известно, что он женился из благородства на Ольге Трифоновне Виноградовой, которая была в положении. В 1889 г. в Санкт-Петербурге у нее появился сын Михаил, которого Р.В. Ризположенский признал. Второй сын Олег появился на свет в селе Угоры Костромской губернии в 1895. Жена Ризположенского умерла в 1902 г., когда старшему сыну было 7 лет. Воспитание и образование детей легло на плечи отца.

По воспоминаниям родственников умер Рафаил Васильевич в 1924 г., место захоронения неизвестно. До последнего дня он работал в своем доме в с. Шемятино, где в этот период проживала его семья. Этот дом сохранился до сих пор, сейчас там находится почтовое отделение.

Сын Олег умер в 1944 году (в лагере) от туберкулеза, после него остались дети Ирма, Владислав, Игорь, Юрий. Единственный сын Михаила, Константин, погиб во время Великой Отечественной войны. Сам Михаил жил в Ухте, после 1966 г. его следы теряются. Эти сведения предоставлены правнучкой Рафаила Васильевича – Кузовкиной Ольгой Ивановной.

Имя казанского почвовед Ризположенского не забыто. Жизнь и творчество ученого исследовали И.Е. Алексеев, И.В. Иванов, А.А. Шинкарев, о чем свидетельствуют публикации (14). В книге И.А. Крупенникова «История почвоведения» есть упоминание о сущности почвообразования Ризположенского [6]. В учебнике «Почвоведение» под редакцией Ковды В.А. и Розанова Б.Г. рассматривается его теория почвообразования и говорится о том, что «исторически первым русским ученым, высказывающим мысль о ведущей роли организмов в почвообразовании, был Р.В. Ризположенский» [9, с.272]. В курсах по бонитировке почв студентам рассказывают о морфологическом способе картирования по Ризположенскому [4]. Почвенные монолиты, способ отбора которых впервые был предложен Ризположенским, являются экспонатами естественно-научных музеев.

Конференция «XV Докучаевские молодежные чтения», ежегодно проводимая в Санкт-Петербургском государственном университете, в 2012 г. была посвящена 150-летию Рафаила Васильевича Ризположенского.

В рамках проведения конференции в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева была организована, посвященная ему выставка. Выставка отражала некоторые этапы жизни казанского ученого, которые оставили след в истории почвоведения. Среди экспонатов на выставке были представлены прижизненное издание книги «Описание Санкт-Петербургской губернии в почвенном отношении» с почвенной картой Петербургской губернии (1908 г.), почвенные карты Симбирской (1902 г.) и Пермской (1909 г.) губерний.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабилов Б.В., Савицкая С.Н.* Почвенно-геологический музей кафедры почвоведения // Материалы всероссийской научной конференции «Процесс почвообразования в лесных и урбанизированных экосистемах»/ под ред. Б.В. Бабилова. СПб.: СПбГЛТУ, 2011. С. 18–23.
2. *Докучаев В.В.* Сочинения. Т. 7. М.: Изд-во Академии Наук СССР, 1953. 504 с.
3. *Докучаев В.В.* Сочинения. Т. 8. М.: Изд-во Академии Наук СССР, 1953. 556 с.
4. *Иванов В.Д., Кузнецова У.В.* Оценка почв: учебное пособие. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2004. 287 с.
5. *Колоскова А.В.* Р.В.Ризположенский и его роль в изучении почв Европейской России // Почвоведение. 1981. №5. С. 103–113.
6. *Крупенников И.А.* История почвоведения. М.: Наука, 1981. 327 с.
7. *Lapenis A.G., Aparin B.F.* Application of soil archives in global studies of world's changing environment// Материалы международной научной конференции XV Докучаевские молодежные чтения «Почва как природная биогеомембрана»/ под ред. Б.Ф. Апарина. СПб. 2004. С. 81–84.
8. *Назипова Г.Р.* Казанский городской музей: Очерки истории 1895–1917 годов. Казань: Kazan-Kazan, 2000. 271 с.
9. *Почвоведение*, часть 1 // Под ред. Ковды В.А., Розанова Б.Г. М.: Высшая школа, 1988. 400 с.
10. *Ризположенский Р.В.* Естественноисторическое описание Казанской губернии. Почвы Казанской губернии. Ч.1. Понятие о почве, классификация почв и общее описание казанской губернии // Труды Общества естествоиспытателей при Императорском Казанском университете. 1892. т.24., вып. 6. 129 с.
11. *Ризположенский Р.В.* О необходимости почвенного музея в Казани и проект его организации. Восток Европейской России. Казань: Типография Императорского университета, 1897. 12 с.
12. *Ризположенский Р.В.* Объяснительная записка к экспонатам, представленным Р. Ризположенским на Всемирную Выставку 1900 г. в Париже. Казань: Типография Императорского университета, 1900. 25 с.
13. *Ризположенский Р.В.* Описание Санкт-Петербургской губернии в почвенном отношении. Казань: Типография Императорского университета, 1908. 281 с.
14. *Ризположенский, Рафаил Васильевич* – Википедия. 2012. URL: ru.wikipedia.org/wiki/Ризположенский,_Рафаил_Васильевич
15. *Стасьев Г.Я.* Ризположенский и геобиологическое направление в почвоведении // Почвоведение. 1992. №11. С. 88–99.

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ КОМПСТИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

А.Г. Алексеева

Санкт-Петербургский государственный университет

В ходе исследования изучена физиологическая активность водорастворимых органических веществ компостируемых растительных остатков на ранних стадиях их разложения. Показано, что водные вытяжки из компостируемого материала положительно влияют на развитие корневой системы и проростков овса. Стимулирующим действием характеризуются вытяжки, получаемые в течение всего периода компостирования. Максимальный стимулирующий эффект наблюдается на 10-й день компостирования.

ВВЕДЕНИЕ

Гуминовые вещества (ГВ) как главный компонент почвенного органического вещества являются объектом исследования в самых разных областях науки, ввиду выполнения ими многочисленных функций. К последним относятся: накопление ГВ макро-, микро-элементов и энергии, необходимых для жизни живых организмов и, таким образом, регулирование условий питания как внутрипочвенной, так и наземной биоты; связывание токсичных соединений и радиоактивных элементов в прочные комплексы; формирование геохимических потоков минеральных и органических веществ; формирование почвенной структуры и водно-физических свойств почвы; регулирование реакций ионного обмена между твердыми и жидкими средами; регулированием теплового режима почв и т.п. [5]. Особый интерес представляет физиологическая активность гуминовых веществ, благоприятно сказывающаяся на росте и развитии растений, численности и разнообразии внутрипочвенной биоты.

Физиологическая активность ГВ проявляется в их способности в небольших количествах оказывать влияние на жизненные процессы в живых организмах. Стимулирующий эффект ГВ может быть связан как с прямым (увеличение общей биомассы растения), так и с косвенным влиянием на рост и развитие растений за счет выполнения ГВ ряда вышеперечисленных функций по оптимизации почвенного плодородия [7]. Изучение способности гуминовых веществ оказывать благоприятное влияние на рост и развитие растений началось еще в конце позапрошлого столетия и продолжается по сей день [1, 4, 8]. Однако до сих пор остается неисследованным сам процесс формирования одного из важнейших функциональных свойств гумуса – физиологической активности, важную роль в котором играет грибная микрофлора. Целью исследования явилось изучение физиологической активности водорастворимых органических веществ на ранних стадиях гумификации растительных остатков.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились методом экспериментального моделирования процессов разложения свежего растительного материала в лабораторных условиях. Измельченная зеленая масса пырея (*Elytrigia repense* L.) перемешивалась с кварцевым песком в соотношении 1:10 и помещалась в пластиковые сосуды. Длительность компостирования составила 90 дней. Компостирование проводилось при оптимальной влажности (60 % от полной влагоемкости) и комнатной температуре 20–22 °С. Повторность опыта 4-кратная.

В исходном растительном материале было определено общее содержание углерода и азота по Анстету в модификации Пономаревой-Николаевой [6].

Через заданные сроки, составляющие 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 90 дней, в компостируемом материале определяли: pH потенциометрически, влажность весовым методом, общее содержание углерода ($C_{\text{общ.}}$) по Тюрину. Из компостируемой массы получали водные вытяжки в соотношении навески к растворителю 1:10. В водных вытяжках определяли: pH потенциометрически, содержание углерода по Тюрину и физиологическую активность методом проращивания семян овса. С этой целью в чашки Петри с вложенным фильтром помещалось по 20 семян овса, поверх семян приливалось по 2 мл раствора водной вытяжки, семена закрывались фильтровальной бумагой, на которую сверху приливалось еще по 0.5 мл раствора. Чашки Петри закрывали и помещали в темное место для проращивания семян. На 3-й день чашки с семенами доставали и приливали несколько капель раствора водной вытяжки поверх фильтра. На 5-й день производилось измерение длины и биомассы корней и проростков семян.

Контролем служили образцы компостируемого материала и водные вытяжки, отобранные в нулевой срок.

Результаты исследования обработаны методом дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования представлены на рисунке и в табл. 1–3.

На начальном этапе разложения органического вещества содержание углерода водорастворимых веществ, представленных, в основном лабильными неспецифическими соединениями растительного и микробного происхождения, составило около 0.4 % от $C_{\text{общ.}}$. На 5-й день компостирования количество лабильного углерода увеличилось почти в 4.5 раза и составило около 1.7 % от $C_{\text{общ.}}$, что свидетельствует об интенсивно протекающих процессах трансформации органического вещества растительных остатков – минерализации, сопровождающейся потерей части общего углерода в виде углекислого газа и выделением аммиака, и гумификации – образования молодых гуминовых веществ [2].

Таблица 1. Динамика изменения содержания общего и водорастворимого углерода в ходе компостирования растительных остатков.

Продолжительность компостирования, дни	Содержание общего углерода в компостируемом материале, % от сухой массы	Содержание углерода водных вытяжек, % от сухой массы	Содержание водорастворимого углерода, % от $C_{\text{общ.}}$
0	1.58±0.01	0.006±0.001	0.4
5	1.52±0.03	0.026±0.003	1.7
10	1.38±0.06	0.030±0.002	2.2
15	1.36±0.04	0.037±0.001	2.7
20	1.30±0.04	0.038±0.003	2.9
25	1.18±0.02	0.045±0.001	3.8
30	1.05±0.08	0.051±0.003	5.0
90	0.94±0.04	0.069±0.002	7.3

На 10-й день компостирования содержание водорастворимого углерода составило 2.2 % от $C_{\text{общ.}}$, что свидетельствует о дальнейшем развитии процессов трансформации как неспецифических органических веществ, так и новообразованных ГВ с образованием более кислых продуктов, обладающих большей растворимостью в воде за счет образования большого количества карбоксильных и гидроксильных групп. Также значительное увеличение выхода растворимых в воде органических веществ наблюдается на 25-й и 90-й дни компостирования и составляет, соответственно, 3.8 и 7.3 % от $C_{\text{общ.}}$. Это может быть связано с интенсивно протекающей минерализацией новообразованных ГВ за счет гидролитического расщепления боковых цепей и окисления периферических групп молекулы ГВ с образованием хорошо экстрагируемых водой ГВ, что, соответственно, сопровождается

подкислением pH водных вытяжек (рис.). Общее содержание углерода ($C_{\text{общ}}$) постепенно уменьшается, следует отметить 10-й, 25-й и 30-й дни компостирования. В эти сроки фиксируются наиболее интенсивные потери углерода органического вещества.

Сравнительный анализ динамики pH компостируемого материала и водных вытяжек выявил следующие зависимости. pH компостов характеризуется нейтральной и слабощелочной реакцией среды. Значительных колебаний показателей pH компостов не наблюдается в связи со значительной буферностью органического вещества.

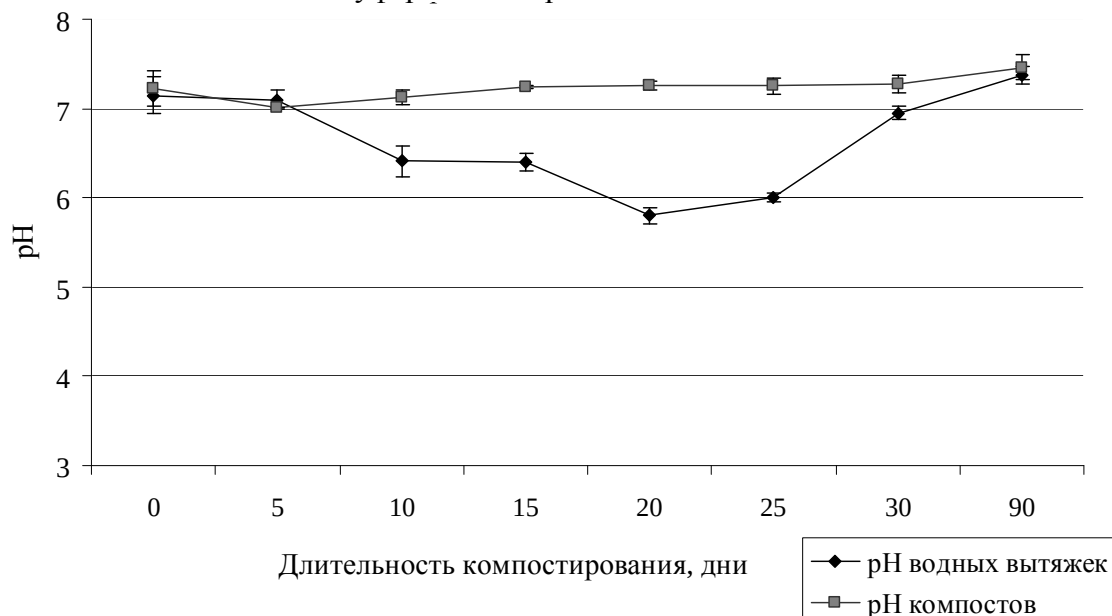


Рисунок. Изменение pH водных вытяжек и компостов.

Характер изменения значений pH водных вытяжек несколько иной. Наблюдается постепенное подкисление растворов к 20-му дню компостирования, вероятно, связанное с разложением органического материала, его минерализацией до CO_2 . Подщелачивание водных вытяжек на завершающих этапах компостирования (25–90-й дни) обусловлено разложением более труднодоступных органических веществ за счет сукцессионных изменений микробоценозов, что сопровождается выделением аммиака и замедлением процесса окислительного кислотообразования [3].

Таблица 2. Влияние водных вытяжек из компостируемых растительных остатков на развитие корневой системы овса.

Длительность компостирования, дни	Длина корней, мм	Масса корней, мг
0	52±5	38±3
5	64±4	50±8
10	75±4	60±5
15	61±5	40±4
20	61±5	50±8
25	64±4	40±7
30	64±4	40±4
90	50±5	41±2

Стимулирующее действие водорастворимых органических веществ на рост и развитие овса проявляется во всех вариантах опыта. Максимальное стимулирующее действие ГВ как на длину, так и на биомассу корней проявляется на 10-й день компостирования. Это, по-видимому, свидетельствует о наличии в компостируемом материале водораство-

римых органических соединений как индивидуальной природы – витаминов, антибиотиков, гормонов, поступивших вместе с растительными остатками или синтезированных микроорганизмами в ходе компостирования, так и специфической группы новообразованных ГВ, обладающих свойствами активного физиологического воздействия на растения в определенном диапазоне концентраций.

Дальнейшие изменения длины и биомассы корней не столь значимы. Подобная зависимость прослеживается и в случае изменения длины проростков (табл. 3): наиболее активная стимуляция роста проростка наблюдается на 10-й день компостирования.

Таблица 3. Влияние водных вытяжек из компостируемых растительных остатков на рост и развитие проростков овса.

Длительность компостирования, дни	Длина проростков, мм	Масса проростков, мг
0	12±2	18±1
5	12±2	18±1
10	16±2	21±6
15	14±1	20±6
20	14±2	22±3
25	14±2	20±1
30	13±1	20±4
90	12±2	20±6

Изменение биомассы проростков в целом незначительно. При этом стоит отметить, что в случае с проростками не наблюдается столь активного стимулирующего эффекта по сравнению с изменением длины корней, из чего можно предположить, что действие водорастворимых органических веществ сказывается, в основном, на развитии корневых систем растений. Можно предположить, что значительное снижение стимулирующего действия в последующие сроки компостирования (15–90-й дни) связано с увеличением концентрации активных веществ водной вытяжки.

ВЫВОДЫ

Содержание водорастворимого углерода в компостируемом материале изменяется в интервале от 0.006 % в контроле до 0.069 % на 90-й день компостирования, в то время как общее содержание углерода изменяется в интервале от 1.58 % в контроле до 0.90 %, что свидетельствует об интенсивно протекающих процессах минерализации и гумификации органического вещества.

Изменение pH водных вытяжек свидетельствует о наличии водорастворимых кислот продуктов разложения органического вещества, способных оказывать стимулирующее действие на рост и развитие растения.

Проявление физиологической активности водорастворимых органических веществ наблюдается уже на 5-й день компостирования. Максимальные различия вариантов опыта и контроля наблюдались на 10-й день компостирования. По сравнению с контролем выявлено увеличение длины корней и проростков на 44 % и 33 % соответственно, а также увеличение общей биомассы корней и проростков на 63 % и 17 %, что свидетельствует о наличии в водной вытяжке веществ, стимулирующих раннее развитие растений.

Проявление стимулирующего влияния водных вытяжек из компостируемого материала на рост растений может быть связано с воздействием как продуктов метаболизма микроорганизмов, участвующих в разложении растительного материала, так и новообразованных водорастворимых ГВ. Однако для решения вопроса о доли участия в стимуляции роста и развития растений водорастворимых ГВ требуются дополнительные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александрова И.В.* О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов, сборник «Органическое вещество целинных и освоенных почв», М., изд. «Наука», 1972.
2. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почв и процессы его трансформации. Л., 1980.
3. *Кононова М.М.* Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. М., 1963.
4. *Христева Л.А.* Стимулирующее влияние гуминовой кислоты на рост растений// Гуминовые удобрения: Теория и практика их применения. Харьков, 1957.
5. *Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И.* Химия почв. М.: Высшая школа, 2005.
6. *Пономарева В.В., Плотникова Т.А.* Определение группового и фракционного состава гумуса по схеме И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой//Агрохимические методы исследования почв. 5-е изд. М., 1975.
7. *Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A.* Physiological effects of humic substances on higher plants// Soil Biol. Biochem. Vol. 34, pp. 1527–1536. 2002.
8. *Parađiković N., Vinković T., Vinković Vrček I., Žuntar I., Bojić M., Medić-Šarić M.* Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants//J Sci Food Agric.2011. Vol. 91. pp. 2146–2152.

Работа рекомендована к.б.н., доцентом Н.Е. Орловой.

УДК 631.4

ИЗУЧЕНИЕ И ОХРАНА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА – ОСНОВА СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАРКОВ

К.А. Бахматова, Н.Н. Матинян, Д.Ю. Здобин, В.С. Горбунова

Санкт-Петербургский государственный университет, geosoil@mail.ru

Изучены почвы исторических парков Санкт-Петербурга, выявлены закономерности строения почв и почвенного покрова в зависимости от условий формирования парка и его дальнейшей истории. Дана экологическая почв по загрязнению тяжелыми металлами.

На протяжении двадцати лет лаборатория географии почв Санкт-Петербургского государственного университета изучает парки Санкт-Петербурга и его пригородов (Матинян, Бахматова, 2004; Бахматова, Матинян, 2005; Матинян, Бахматова, 2006; Матинян, Бахматова, Шешукова, 2008). Все эти объекты имеют рекреационное значение, многие обладают высокой историко-культурной ценностью, но с экологической точки зрения важно отметить ту роль, которую парки, как уникальные природно-антропогенные комплексы, играют в функционировании урбоэкосистемы. Изученные парки могут быть разделены на несколько категорий: дворцово-парковые комплексы пригородов (парки Петродворца, Гатчины, Пушкина, Павловска), городские (дворцовые и усадебные) парки и сады (Летний сад, парк Каменноостровского дворца, Шереметевский сад, парк усадьбы Державина и др.), городские скверы и другие малые объекты озеленения (сквер Казанского собора, внутренний двор Зимнего дворца, двор Петропавловской крепости и др.), загородные усадебные парки (Шуваловский парк, парк Осинная роща, Александрино и др.), лесопарки (Сосновка).

Формирование почвенного покрова парков определяется сочетанием природных и антропогенных факторов. Санкт-Петербургу и его окрестностям свойственен прохладный

влажный климат, соответствующий южной подзоне тайги. Характер рельефа и почвообразующие породы различаются в разных частях города. Исторический центр представляет собой террасированную низменную Приморскую равнину, сложенную с поверхности морскими песками и супесями. Далее вдоль Невы простирается Приневская низменность, слагаемая осадками озерно-ледникового генезиса, среди которых преобладают ленточные глины. Парки Петродворца расположены на Предглинтовой низменности, ступенчато поднимающейся от побережья залива к Ижорской возвышенности. Почвы здесь формируются в основном на моренных суглинках, а в пределах полосы низменного побережья – на морских песках. Парки Гатчины, Пушкина, Павловска находятся непосредственно на Ижорской возвышенности и частично также на Предглинтовой низменности, рельеф здесь также в основном равнинный, но почвообразующие породы разнообразны и нередко обогащены карбонатным материалом.

Степень антропогенной трансформации почвенного покрова в парках зависит от их местоположения и исторических особенностей. В городских парках, садах и скверах распространены в основном антропогенные почвы – урбостратоземы, подстилаемые или погребенной нативной почвой или почвообразующей породой. Урбостратоземы состоят из ряда насыпных гумусированных горизонтов, с включением заметного количества артефактов – строительного мусора, осколков керамики и стекла и т.д. В центре города, на объектах с малой площадью присутствуют только антропогенные почвы, насыпная толща которых насыщена артефактами, в ней нередко встречаются сплошные слои строительного мусора, погребенные мостовые и т.п. Для этих почв характерны нейтральная или щелочная реакция, повышенное содержание органического вещества, доступных растениям форм фосфора и калия.

Почвы городских парков обычно загрязнены тяжелыми металлами, содержание которых превышено не только в поверхностных горизонтах, но и по всей насыпной толще, в некоторых случаях достигая ураганных количеств. Так, проведенный геохимический анализ состояния почвенного покрова Шереметевского сада показал, что все верхние почвенные горизонты (0–20 см) загрязнены токсичными элементами (Pb, Zn, Cu). Нами был определен суммарный показатель загрязнения (Z_c), по формуле Ю.Е. Саета (Сает, Ревич, 1990): $Z_c = \sum K_c - (n-1)$, где n число элементов с $K_c > 1$, значение которого на территории Шереметевского сада составило для поверхностных почвенных горизонтов от 20 до 88. Почвы с высоко опасным уровнем загрязнения ($Z_c =$ от 36 до 88) встречены в северной и северо-восточной зонах сада. При рассмотрении распределения тяжелых металлов по профилю почв выявляется их значительное накопление в его срединной части, где отмечается скопление техногенного мусора.

Для пригородных парков и лесопарков характерна высокая доля естественных почв в структуре почвенного покрова (так, в большинстве парков Петергофа доля антропогенных почв составляет не более 25–30 %) и преобладание почв, не загрязненных или в слабой степени загрязненных тяжелыми металлами.

Площадь объекта озеленения, его пространственное окружение, видовой состав и структура биоценоза, особенности воздействия человека (наличие и характер ухода за насаждениями, регулирования рекреационной нагрузки и т.д.) оказывают непосредственное действие на возможности биоты влиять на среду обитания, поддерживать структурно-функциональные характеристики сообщества, т.е. на устойчивость данной природно-антропогенной экосистемы. Таким образом, наиболее сложная почвенно-экологическая обстановка складывается на территории объектов озеленения с небольшой площадью, со всех сторон окруженных городской застройкой или автомагистралями, где сочетаются высокая техногенная (поступление поллютантов из различных источников) и рекреационная нагрузки, а потенциал саморегуляции ограничен. Характеристики почвы во всех случаях являются одним из ключевых факторов в жизни растений, а в условиях антропогенного стресса и комплексного загрязнения их значимость возрастает.

Наличие почвенной карты, карт пространственного распределения основных почвенных показателей, важных для произрастания насаждений – содержания гумуса, элементов питания, значений pH, содержания загрязняющих веществ, информация о строении почвенного профиля на глубину 1 м и более являются необходимыми предпосылками для научного обоснования мероприятий по уходу за зелеными насаждениями и охране биоразнообразия парков, сохранения зеленых насаждений в урбанизированной среде.

В Санкт-Петербурге имеется 57 парков, 159 садов, 683 сквера, 215 бульваров (Доклад., 2011). Без сомнения, все эти объекты должны быть обеспечены квалифицированным почвенным обследованием, закартированы по единой методике. Представляется целесообразным проведение на регулярной основе почвенно-экологического мониторинга на ряде ключевых площадей в пределах парков и садов Санкт-Петербурга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матинян Н.Н., Бахматова К.А. Почвы пейзажных парков Петродворца//Проблемы озеленения городов. Альманах. Вып.10. М., 2004. С. 198–200.
2. Бахматова К.А., Матинян Н.Н. Почвы парков Санкт-Петербурга, расположенных в различных ландшафтных районах//Проблемы озеленения городов. Альманах. Вып.11. М., 2005. С. 114–115.
3. Матинян Н.Н., Бахматова К.А. Почвенный покров Английского парка Петергофа//Вестник Санкт-Петерб. ун-та, 2006. Сер.3. Вып.1. С. 130–135.
4. Матинян Н.Н., Бахматова К.А., Шешукова А.А. Почвы бывшей усадьбы Шереметевых//Вестник Санкт-Петерб. ун-та, 2008. Сер.3. Вып.2. С. 91–100.
5. Геохимия окружающей среды // Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. М. «Недра», 1990, 335 с.
6. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге / Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. СПб, ООО «Сезам-принт», 2011, 108 с.

УДК 630:570

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДЕТОКСИКАНТОВ НА ПОЧВЕННЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ

А.А. Белик, М.А. Пукальчик

Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова

Для вывода токсичных веществ из биологического круговорота активно разрабатываются новые сорбенты. Однако их действие на почвенную биоту практически не изучено. Неотъемлемой составляющей почвенного биоценоза являются грибы, поглощающие и накапливающие в избыточных количествах токсины из окружающей среды. По изменениям в структуре сообществ почвенных микромикотомов можно судить о воздействии на них современных детоксикантов.

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение окружающей природной среды – один из наиболее сильных факторов разрушения компонентов биосферы. Химическое загрязнение не только наносит существенный ущерб природным биогеоценозам, но и приводит нередко к их полному уничтожению. Для вывода токсичных веществ из биологического круговорота активно разрабатываются новые сорбенты. Гуминовые вещества, представляющие собой сложные полимерные комплексы, эффективно связывают поллютанты органической и неорганической

Работа выполняется при финансовой поддержке ФЦП Минобрнауки РФ (ГК 02.740.11.0693) и РФФИ 12-04-01230-а (Динамика структуры и физиологические особенности микромикотомов в условиях техногенного загрязнения почв).

© А.А. Белик, М.А. Пукальчик, 2012

природы, и, выводя их из биологического круговорота, предотвращают деградацию природных биоценозов.

Для ремедиации почв, наряду с гуминовыми веществами, предпринимаются попытки использовать нанокпозиционные (НК) препараты. Наноструктурный композит (НК) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ГК}$ является продуктом процесса механохимического диспергирования и состоит из однородной гомогенной смеси компонентов – наночастиц магнетита, стабилизированных полимерной гуминовой оболочкой. Предполагается, что благодаря высокой поверхностной активности входящих в них наночастиц, они могут эффективнее связывать токсиканты. При очистке вод уже показана их более высокая сорбционная способность по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам. Однако действие этого нового класса сорбентов на почвенную биоту практически не изучено. Применение новых сорбирующих материалов, расчет эффективных норм воздействия на природные комплексы должны основываться на оценке биобезопасности самих сорбентов и их компонентов.

Неотъемлемой составляющей почвенного биоценоза являются грибы, обеспечивающие функционирование и саморегулирование наземных и водных экосистем

Наличие токсикантов в окружающей среде, беспрепятственно поглощаемых гифами грибов и накапливаемых в избыточных количествах, сказывается на различных характеристиках и всех уровнях организации грибов. Благодаря мощному комплексу экзоферментов грибы способны разлагать труднодоступные субстраты, в том числе, полимерной природы. Более или менее универсальной индикаторной группой загрязненных почв можно считать меланинсодержащие грибы. Сторонники «меланоидной» теории происхождения гумуса связывают процессы синтеза гуминовых веществ с трансформацией темноокрашенных пигментов микромицетов.

Все выше сказанное обусловило выбор темы исследования: влияние современных детоксикантов на почвенные микромицеты.

Цель работы – изучить и сравнить воздействие современных детоксикантов гуминовой природы на структуру сообществ почвенных микромицетов при обработке химически загрязненных почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для выполнения поставленной цели были отобраны пробы дерново-подзолистых городских почв г. Кирова, находящиеся под прямым аэротехногенным воздействием. Проводили отбор образцов почвы верхнего горизонта глубиной 5–10 см с 5 пробных площадок 10 x 10 см. Верхний слой почвы мощностью 0.5–1.0 см срезали и отбрасывали. Почвенные пробы, отобранные таким образом, объединяли и высушивали до воздушно-сухого состояния. Сухая почва просеивалась через сито с диаметром отверстий 2 мм.

В качестве детоксикантов использовались нанокпозиционный препарат и гумат натрия Гуми-90 (Юрищева и др., 2011). Детоксиканты вносили в урбаноземы в виде водной суспензии до достижения концентратий 0.01 % и 0.0025 весовых %. Контролем служили образцы почвы без добавления сорбентов. Были использованы химический и микологический методы анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Через 21 сутки инкубации почв с детоксикантами методом хроматографии исследовали содержание ионов свинца в водорастворимой фракции ($\text{Pb}_{\text{вод.}}$). Химический анализ показал, что оба препарата влияют на содержание свободных ионов свинца в почве. При этом НК в зависимости от концентрации снижает их содержание на 14–26 %, тогда как препарат Гуми-90 оказался более эффективным – его внесение вызвало уменьшение $\text{Pb}_{\text{вод}}$ на 30–43 %. Возможно, что в гуматной матрице Гуми-90 свободных активных центров для связывания металлов было больше, тогда как в нанокпозиционном сорбенте они заняты наночастицами железа.

Для биологического контроля эффективности детоксикации использовались сообщества микромицетов. Нами были оценены значения общей численности – КОЕ (колониеобразующих единиц) и видового разнообразия грибов, представлены индексы разнообразия по Шеннону и Пиелу, доли темнопигментированных (ТО) и быстрорастущих (БР) микромицетов.

Структуру почвенных микромицетов исследовали методом посева на среду Чапека разведений почвенной суспензии. Для выделения микроорганизмов проводили поверхностный посев 0.1 мл почвенной суспензии на питательную среду Чапека, предварительно подкисленную до pH=4–5 для ингибирования прорастания бактерий и дрожжей, в трехкратной повторности на каждый образец. Подсчет колоний бактерий на чашках Петри проводили через 7 суток. Подсчитав число колоний микроорганизмов, развившихся на чашках Петри по всем повторностям соответствующего разведения, определяли среднее число колоний на чашке и далее делали пересчет количества микроорганизмов на 1 г сухой почвы.

Анализ численности грибов не показал строгой закономерности в динамике КОЕ при действии разных концентраций препаратов, что подтверждает невысокую индикаторную значимость показателя общей численности микромицетов. Более надежным показателем наличия вредных воздействий является доля темнокрашенных (ТО) меланинсодержащих грибов. Меланины принимают участие в защитных реакциях, как микроорганизмов, так и высших организмов в ответ на действие неблагоприятных факторов среды. ТО микромицеты – это резистентные виды грибов, которые часто устойчивы сразу к нескольким антропогенным воздействиям. Как правило, это виды с широким ареалом и высоким уровнем спорообразования. Увеличение доли таких микромицетов в сообществе – свидетельство наличия неблагоприятных факторов среды (Terekhova, 2007).

Применение 0.01 и 0.0025 % Гуми-90 и 0.01 % НК в концентрации уменьшили количество ТО колоний на 71.39, 50.95 и 33.24 %, соответственно, что, возможно, является свидетельством их хорошей ремедирующей способности загрязненных почв. Кроме того, эти данные подтверждают выявленные различия в реакции ТО и немеланизированных видов грибов на гуминовые вещества (Федосеева и др., 2009).

Дополнительно оценку разнообразия грибов проводили по скорости роста колоний. Радиальная скорость роста служит показателем принадлежности вида к определенной экологической стратегии и может быть использована как косвенная характеристика функциональной активности грибного комплекса, в зависимости от доступности органического субстрата. В группу медленно растущих выделяются микромицеты, относящиеся к 1–4 классу (скорость роста до 0.2 мм/час), к быстрорастущим относятся колонии грибов из 5–12 класса (скорость роста от 0.21 мм/час). Анализ структуры грибных сообществ по радиальной скорости показал, что Гуми-90 в обеих концентрациях приводит к появлению быстрорастущих микромицетов в отличие от НК.

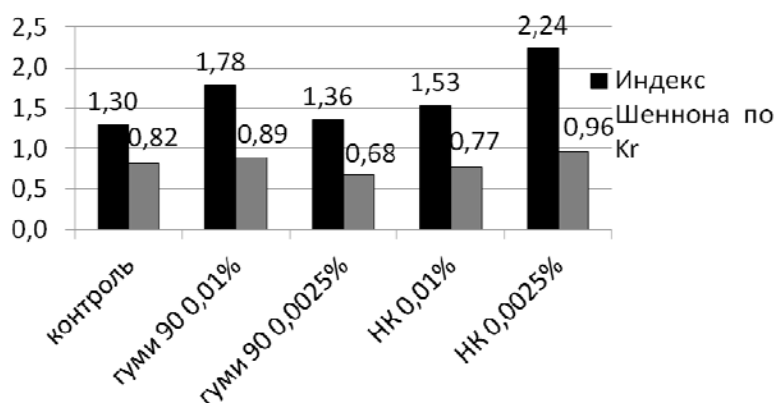


Рисунок 1. Характеристика разнообразия микромицетных сообществ.

Расчет индексов Шеннона и Пиелу показал, что биоразнообразие и выравненность видов в сообществах микромицетов увеличились при применении как НК, так и Гуми-90 в обеих концентрациях. Однако самый высокий показатель наблюдался при обработке почвы НК 0.0025 % (индекс Шеннона равен 2.24 по сравнению с 1.30 в контроле).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что препараты Гуми-90 и нанокмпозиционный сорбент оказывают детоксицирующее действие на тяжелые металлы – содержание свободного свинца в образцах почв заметно снижалось при обеих концентрациях.

Препараты существенно не влияют на численность колониеобразующих единиц микромицетов. Они оказывают воздействие на структуру грибных сообществ, о чем свидетельствуют различия в индексах Шеннона, Пиелу, и доля темноокрашенных грибов. Влияние нанокмпозиционного препарата на структуру микромицетов выражено сильнее, при этом оно явно зависит от концентрации – более низкая концентрация в большей степени меняет структуру микромицетов.

Препарат Гуми-90 снижает долю темноокрашенных микромицетов в сообществе в большей степени, чем НК. Этот факт говорит о том, что наночастицы металла в составе НК, скорее всего, не являются безопасными для представителей почвообитающей биоты.

Работы по определению диапазона концентраций нового поколения сорбентов, эффективных для сорбции металлов и одновременно безопасных для почвенных сообществ, продолжаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосеева Е.В., Пацаева С.В., Терехова В.А. Влияние гумата калия на некоторые физиологические характеристики микроскопических грибов разной пигментации// Микология и фитопатология, 2009. Т.43, вып. 3. С. 243–249.
2. Юрищева А.А., Кыдралиева К.А., Пукальчик М.А., Тимофеев М.А., Рахлеева А.А., Маторин Д.Н., Терехова В.А. Нанокмполитный сорбент для очистки природных сред и его экотоксикологическая оценка // Экология и промышленность России, 2011. 9. С. 50–53.
3. Terekhova V.A. The importance of Mycological Studies for Soil Quality Control. Eurasian Soil Science, 2007.Vol.40, No.5 pp.643–648.

Работа рекомендована д.б.н., зав. лаб. экотоксикологического анализа почв МГУ, вед. н.с. ИПЭЭ РАН В.А. Тереховой.

ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

А.С. Белинец

Санкт-Петербургский государственный университет, биолого-почвенный факультет

Биоуголь (biochar), полученный при термической обработке (600–850 °С) растительных остатков различного происхождения без доступа кислорода, в настоящее время все более широко используется в сельском хозяйстве не только в качестве органического мелиоранта, но и для секвестрации органического углерода в почве. Применение биоугля в качестве органического мелиоранта может способствовать повышению плодородия почв и улучшению их водно-физических свойств.

ВВЕДЕНИЕ

Биологический уголь обладает большой пористостью, что обуславливает его высокую сорбционную способность. В среднем, различные биологические угли поглощают от 7 до 12 % (по весу) влажности. Известно, что древесный уголь из мягких пород деревьев отличается значительно большей гигроскопичностью, чем древесный уголь из твердых пород. Задачей исследования являлось изучение влияния биоугля, полученного из древесины, на физические и водно-физические свойства слабо и хорошо окультуренной дерново-подзолистой супесчаной почвы (пахотный горизонт) Ленинградской области

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были:

– Биоуголь Полигон ГНУ Институт Лесного Хозяйства, ПРИОЗЕРСК, Ленинградская область. Получен из древесины твердых лиственных пород в мае 2010 года.

– Почва и биомасса клевера были отобраны на Полигоне Меньковского филиала ГНУ АФИ, в октябре 2010 года из пахотного слоя на 0–30 см из вариантов с разной степенью окультуренности.

Хорошо и слабо окультуренная почва достоверно различалась по общему содержанию органического углерода (2.3 % и 1.8 %), величине рН (7.5 и 6.6) и общему содержанию углерода в илистой фракции почвы (8.7 % и 11.1 %, соответственно). Капиллярная и полная влагоемкость хорошо окультуренной почвы составляла – 37.7 % и 39.8 %, а слабо окультуренной – 35.0 % и 36.4 %, соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вода является важнейшим фактором для роста и развития растений, а также играет роль в регулировании внутрипочвенных процессов. Чтобы оценить подвижность почвенной влаги и ее доступность растениям в почве после внесения биологического угля, был проведен эксперимент по изучению потенциала почвенной влаги методом мембранных прессов Ричардса. В основе метода лежит принцип выравнивания потенциала почвенной влаги в ненасыщенной почве с потенциалом свободной воды путем повышения внешнего газового давления над влажной почвой. По результатам измерения потенциала воды при ее различном содержании в почве без биоугля и с биоуглем были построены кривые зависимости потенциала от влажности – основная гидрофизическая характеристика. Результаты представлены на рисунке 1.

Анализ кривых водоудерживаемости дерново-подзолистой супесчаной почвы без биоугля и с биоуглем показал, что внесение в почву мелиоранта в количестве 1 % от массы почвы привело к достоверному ($p < 0.05$) увеличению потенциала почвенной влаги в интервале давления от –0.5 до 100 кПа. Этот интервал соответствует диапазонам капиллярно-гравитационной воды, водной пленки и капиллярно-сорбционной воды, в которых

содержатся поры инфильтрации, легкодренируемые и влагопроводящие поры. Именно за счет воды этих диапазонов почва способна поглощать и удерживать в себе от стекания определенное количество влаги под действием капиллярных и сорбционных сил, происходит миграция основных элементов питания в почвенном профиле, и происходит водное питание растений.

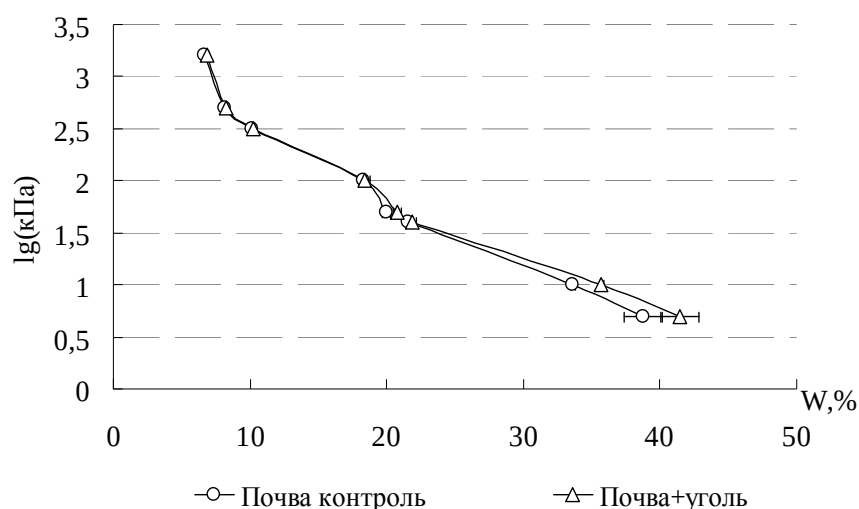


Рисунок 1. Основная гидрофизическая характеристика дерново-подзолистой супесчаной почвы без биоугля и с биоуглем.

В конце эксперимента были отобраны ненарушенные образцы из вариантов опыта и также проанализированы кривые ОГХ в диапазоне давления от -5 до 50 кПа (рис. 2). Исходя из полученных данных, установлено, что при давлении -5 кПа, при котором можно проанализировать содержание в почве пор инфильтрации, содержание влаги в варианте почвы с биоуглем было на 1.3 % выше по сравнению с почвой без угля. Внесение клевера привело к увеличению содержания влаги на 2.5 %, а варианта с углем и клевером на 3 % по сравнению с контролем. С увеличением давления до 10 кПа (легкоденируемые поры) наибольшее содержание влаги было отмечено в варианте с биоуглем и клевером (23.85 %), а наименьшее – в варианте с клевером (22.62 %), что даже на 0.3 % меньше, чем в контрольном варианте.



Рисунок 2. Изменение ОГХ в дерново-подзолистой супесчаной почве с различными вариантами внесения биоугля и клевера.

При давлении 50 кПа, при котором можно рассчитать содержание влагопроводящих пор в почве и которое соответствует уровню наименьшей влагоемкости почвы, существенных различий по содержанию влаги между вариантами почва контроль и почва с кле-

вером не наблюдалось, и соответствовало уровню около 21 % влажности. Содержание влаги в вариантах с биоуглем было выше на 0.5 % по сравнению с вышеуказанными вариантами.

Набухание и усадка почвы являются одними из важнейших физико-механических свойств почв, которые имеют большое значение при механической обработке, так как от них зависит удельное сопротивление почвы орудиям обработки.

Набухание – свойство почв увеличивать свой объем при увлажнении. Оно зависит от величины илистой части почвы, ее минерального состава, состава обменных катионов. Развитие набухания – отрицательное свойство почв, приводящее к деформации прочности грунта, выпиранию почвы и разрушению ее структуры. Усадка – сокращение объема почвы при ее высыхании. Это явление обратное набуханию, зависящее от тех же условий, что и набухание. При усадке почва может покрываться трещинами, возможны формирование структурных агрегатов, разрыв корней, усиление испарения. Усадка вызывает изменение процессов разложения органических веществ, увеличение аэриобизиса почвы. На рисунке 3 представлены средние данные из трех циклов набухания почвы в контроле и почве с углем.

При увлажнении контрольной почвы с плотностью сложения 1.2 г/см^3 , высота объема почвы увеличилась, в среднем, на 0.54 мм, в то время как почвы с углем – на 0.3 % больше.

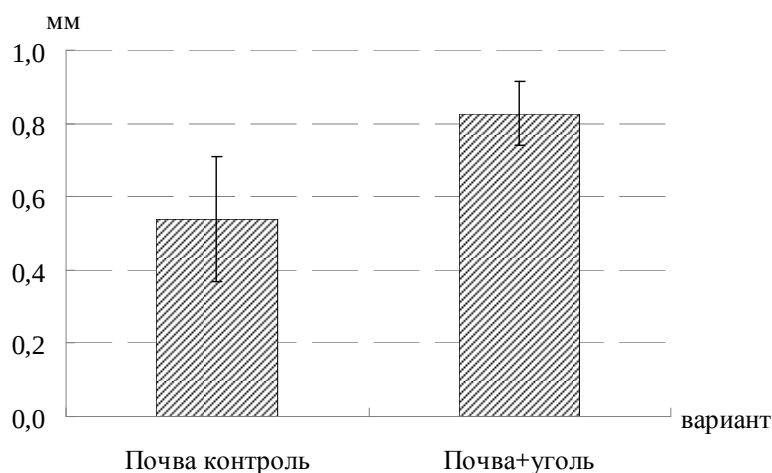


Рисунок 3. Набухание дерново-подзолистой супесчаной почвы в вариантах с биоуглем и без биоугля.

На рисунке 4 представлены усредненные результаты 3-х циклов усадки почвы. Было установлено, что объем дерново-подзолистой почвы после иссушения уменьшился на высоту 0.7 мм. Почва с биоуглем усела на высоту 0.92 мм.

ВЫВОДЫ

Внесение биоугля в дерново-подзолистую почву, как с дополнительным источником азота (клевер), так и без него, способствовало увеличению водоудерживающей способности почвы в диапазоне низких давлений от -5 до 50 кПа , что, соответственно, благоприятно для выращивания культурных растений.

Анализ водоудерживающей способности почвы при более высоких диапазонах давления (от 100 до 3000 кПа) не выявил существенных различий между почвой с углем и без него.

Исходя из данных по усадке и набуханию, была рассчитана разница по изменению объема почвы при высыхании. Как в варианте без угля, так и с углем она отрицательна (-0.18 и -0.14 мм, соответственно). Это свидетельствует о том, что плотность почвы в вариантах увеличилась. Однако в варианте с углем она увеличилась не существенно, но меньше, чем в почве с контролем.

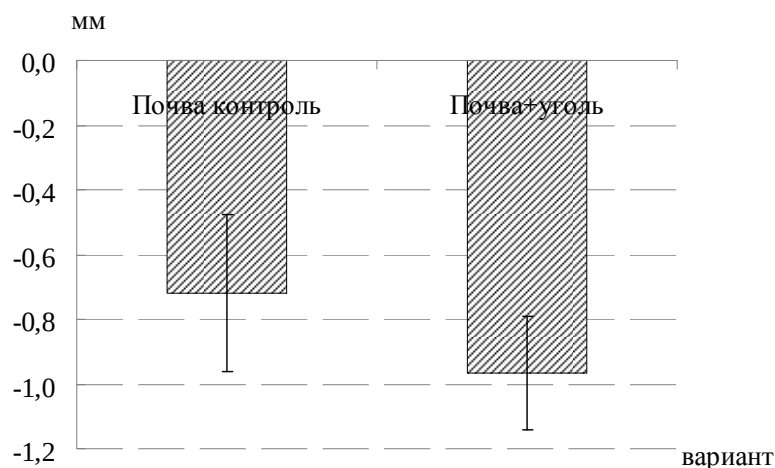


Рисунок 4. Усадка дерново-подзолистой супесчаной почвы в вариантах с биоуглем и без биоугля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jonker, M. T. O. Sorption of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls to soot and soot-like materials in the aqueous environment: mechanistic considerations [Текст] / M. T. O. Jonker, A.A. Koelmans // *Environmental Science and Technology*. – 2002. – №36. – с. 3725–3734.
2. Шеин Е.В. Курс физики почв: Учебное пособие [Текст] / Е.В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

Работа рекомендована к.б.н., доцентом Банкиной Т.А.

УДК 631.437:551.34

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПАЛЕОКРИОМОРФНЫХ ПОЧВ

И.М. Вагапов, А.Ю. Овчинников, Л.А. Гугалинская

Пушкинский государственный естественно-научный институт,
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино

Исследовалось пространственное распределение магнитной восприимчивости (МВ) в палеокриоморфных почвах центра Восточно-Европейской равнины. Установлено, что в межблочных понижениях над системой крупных палеокриогенных клиновидных деформаций обнаружены области, имеющие высокие значения МВ и увеличенную мощность. Кроме того, на основе МВ удалось обнаружить признаки, выявление которых морфологически было затруднено.

Как известно (Величко и др., 1996; Алифанов, Гугалинская, 1993; 2006), почвообразующие породы центра Восточно-Европейской равнины прошли криогенную стадию формирования, что обусловило значительную пространственную вариабельность свойств почв на разных уровнях их структурной организации. Для выявления закономерностей в распределении почвенных свойств мы использовали показатель, определяемый без какой-либо предварительной обработки образцов (химической или физической), а именно объемную магнитную восприимчивость (МВ) – физическую величину, характеризующую способность почвенных Fe-содержащих компонентов к намагничиванию. По величине МВ судят об интенсивности и условиях протекания некоторых элементарных почвенных процессов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №11-04-00354).

© И.М. Вагапов, А.Ю. Овчинников, Л.А. Гугалинская, 2012

Формы соединений железа характеризуют важнейшие генетические признаки почв, однако методы их идентификации, основанные на различной растворимости соединений железа, недостаточно точны, так как ни одна вытяжка не позволяет выделить определенную форму железа, не затрагивая другие (Зонн, 1982). Измерения МВ позволяют диагностировать, в первую очередь сильномагнитные кристаллические окислы железа даже при очень незначительном их содержании (на уровне десятых и сотых долей процента).

Исследования проводились в Тульской области, на северо-востоке Среднерусской возвышенности, на черноземах глинисто-иллювиальных типичных и оподзоленных в разрезах-обнажениях протяженностью от 12 до 23 м и глубиной до 3 м. Кроме современных почв были вскрыты погребенные почвы (ПП) и палеокриогенные структуры разных размеров, форм и генезиса. Объемная магнитная восприимчивость измерялась каппаметром КТ-6 в узлах регулярной сетки с размерами ячеек 20×20 см, удельная магнитная восприимчивость (χ) определялась для каждого генетического горизонта путем деления объемной МВ на плотность почвы.

В настоящей работе приводятся данные по разрезу 1-2010. Особенность этого разреза заключается в наличии большого количества хорошо сохранившихся реликтов палеокриогенеза – псевдоморфоз по повторно-жильным льдам, пятен-медальонов, солифлюкционных деформаций, клиньев, заклинков и карманов. В нижней части профиля разреза имеются горизонты криоморфных ПП. В разрезе мы выделяем межблочное понижение или межблочье (участок с горизонтальными отметками 0–5 м) и блочное повышение или блок (участок с горизонтальными отметками 7–10 м).

В данном разрезе, как и в других, ранее изученных, обнаружена следующая закономерность: в современных почвах над системой крупных палеокриогенных клиновидных деформаций наблюдаются области, имеющие высокие значения МВ и увеличенную мощность. Распределение величин МВ здесь положительно связано ($R^2=0.95$) с профильным распределением Сорг. (рис. 1), а высокие значения МВ обусловлены присутствием педогенных высокомагнитных оксидов Fe (типа магнетита). Этот факт, как считается, свидетельствует о чередовании на данном участке процессов увлажнения-иссушения, соответствующих анаэробным и аэробным периодам, переменном pH и участии в этих процессах органического вещества (Вадюнина, Бабанин, 1972; Водяницкий, 2008).

Повышенные значения МВ и CO_2 карбонатов в горизонте В4 в межблочье (глубина 120–170 см) могут быть связаны с синтезом новообразованного магнетита, возможным в условиях присутствия закисного железа в виде FeCO_3 и щелочной реакции (Бабанин и др., 1995).

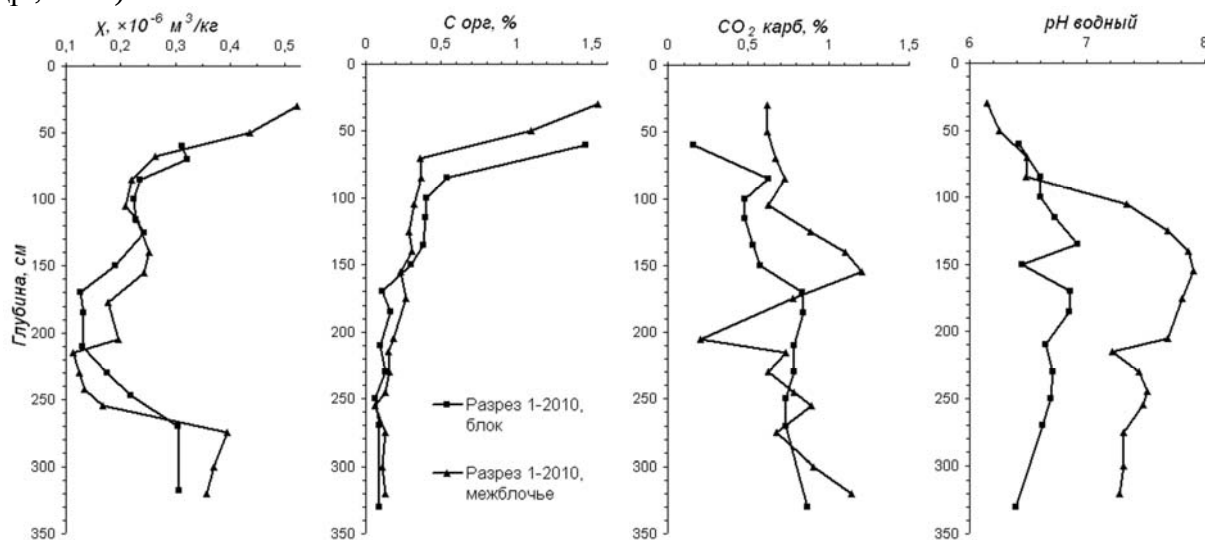


Рисунок 1. Распределение величин χ и некоторых физико-химических показателей в профилях почв блока и межблочья (разрез 1-2010).

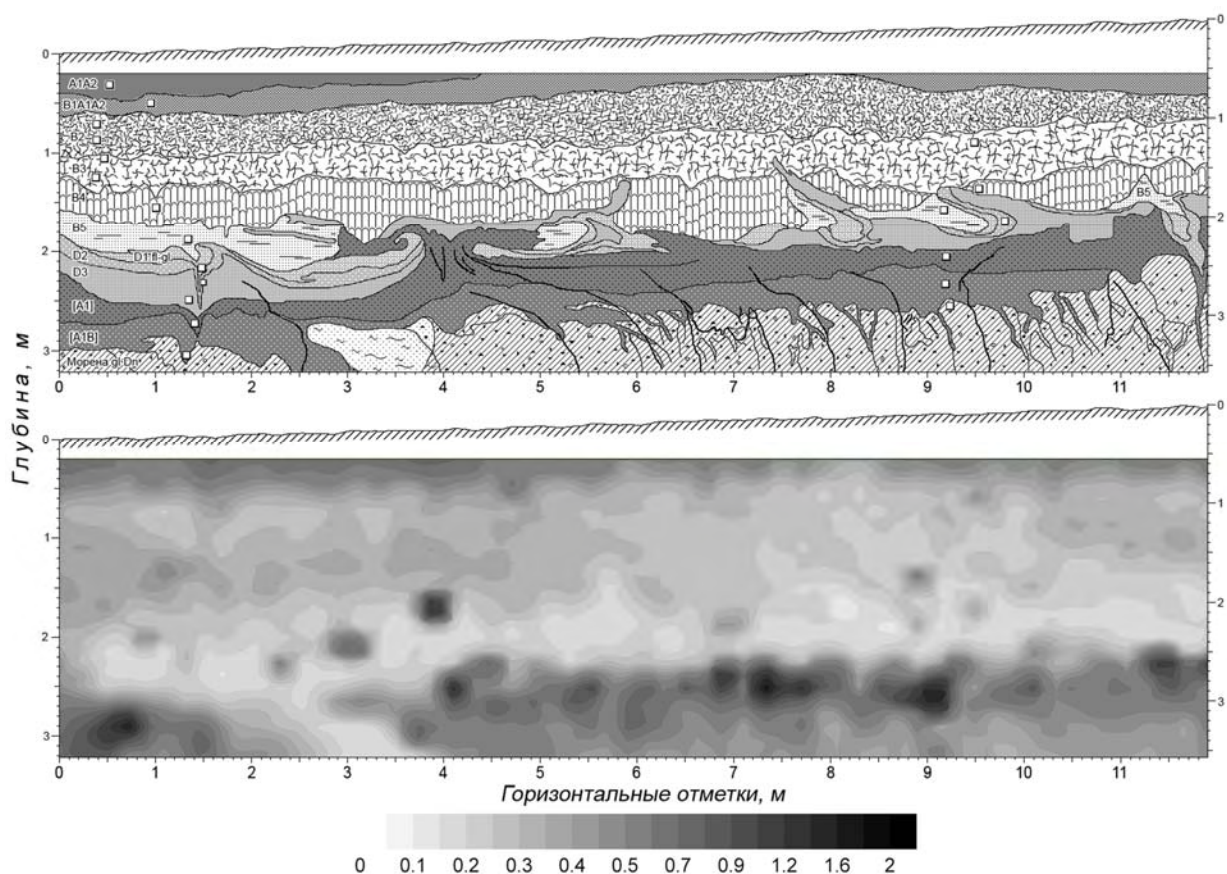


Рисунок 2. Схема профиля разреза 1-2010 и топоизоплеты пространственного распределения величин МВ ($\times 10^{-3}$ ед. СИ).

На глубине около 250 см (рис. 2) между горизонтами [A1] и [A1B] ПП было выявлено резкое увеличение значений МВ до значений, характерных гумусовым горизонтам современных почв. Этот факт может свидетельствовать о наличии между указанными горизонтами литологической границы. Следовательно, можно уверенно предположить, что горизонт [A1B] на самом деле является самостоятельной ПП, сформировавшейся в автоморфной позиции при относительно теплых климатических условиях, сезонном иссушении и преобладании окислительных условий.

Аномально высокие значения МВ ($1.44 \cdot 10^{-3}$ – $3.03 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ) обнаруживаются на глубине около 280 см, на контакте горизонта [A1B] и морены. Этот факт мы объясняем наличием уклона древней поверхности и различием в гранулометрическом составе выше и ниже лежащих толщ, что способствует современному внутрипочвенному латеральному стоку, обуславливающему здесь контрастный водно-воздушный режим. В литературе такая ситуация обычно связывается с благоприятными для хемосинтеза сильномагнитных железистых минералов условиями. В нашем случае наличие контрастного водно-воздушного режима подтверждается присутствием здесь многочисленных субгоризонтальных и субвертикальных охристых прослоев шириной 0.5–1.0 см.

Высокие значения МВ в морене могут быть связаны с увеличением содержания железа в составе парамагнитных глинистых минералов, а их сохранение обеспечивается засолением, за счет замедленной лимонитизации.

Таким образом, в межблочных понижениях над системой крупных палеокриогенных клиновидных деформаций существуют области, имеющие высокие значения МВ и увеличенную мощность. Факт сохранения аномально высоких значений МВ на контакте горизонта [A1B] и морены – своеобразном геохимическом и литологическом барьере, свидетельствует о существовании здесь благоприятных для хемосинтеза сильномагнитных железистых минералов условий.

На основе МВ удалось инструментально обнаружить признаки, выявление которых морфологически было затруднено. Так, погребенная почва, в профиле которой морфологически были выделены два генетических гумусовых подгоризонта, представляет собой две самостоятельные, наложенные друг на друга (сдвоенные) погребенные почвы. Кроме того, горизонт В4 современного чернозема, обладая более высокими значениями МВ в районе межблочного понижения, может рассматриваться как самостоятельное элементарное почвенное образование (слабовыраженная погребенная почва), условия формирования которого отличались от таковых в перекрывающем и подстилающем его материале.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А. Палеокриогенез и структура почвенного покрова Русской равнины // Почвоведение. 1993. № 7. С. 65–75.
2. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А. Палеокриогенез и современные черноземы // Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв. М.: Наука, 2006. С. 45–70.
3. Бабанин В.Ф., Трухин В.И., Карпачевский Л.О., Иванов А.В., Морозов В.В. Магнетизм почв. М., Ярославль: ЯГТУ, 1995. 222 с.
4. Вадюнина А.Ф., Бабанин В.Ф. Магнитная восприимчивость некоторых почв СССР // Почвоведение. 1972. № 10. С. 55–66.
5. Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М. Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие. М.: Наука, 1996. 150 с.
6. Водяницкий Ю.Н. Минералы железа как память почвенных процессов // Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий. М.: ЛКИ, 2008. С. 289–313.
7. Зонн С.В. Железо в почвах (генетические и географические аспекты). М.: Наука, 1982. 208 с.

Работа рекомендована д.б.н., зав. лаб. В.М. Алифановым.

УДК 631.10

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПОЧВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА

А.Э. Вайгель

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Увеличение темпов городского строительства ведет к росту потребности в создании специальных почвенных конструкций в целях озеленения города. Изучение основных физических и химических свойств почвенных конструкций играет важнейшую роль для осуществления их успешного функционирования. Установлено, что специфика строения почвенного профиля существенно влияет на биомассу. Наряду с этим значительное положительное влияние на продуктивность оказывает внесение минеральных удобрений, гуматов и торфа. Причем наиболее равномерное положительное воздействие на все почвенные конструкции оказали гуматы.

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение темпов строительства в условиях города ведет к росту востребованности специализированных почвенных конструкций для решения задач озеленения. Зачастую, при создании целевых почвенных конструкций используются почвенные слои (горизонты), которые являются резко контрастными по своим физическим и химическим свойствам: песок, торф, грунт (нижние минеральные горизонты). Подобные слои, объединен-

ные в общую систему, имеют специфические свойства и режимы. Дальнейшее функционирование антропогенно-созданной почвы ведет к постепенной трансформации ее свойств.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований стали насыпные почвенные конструкции, состоящие из следующих слоев: минерального горизонта В, торфа и песка.

При выполнении экспериментальной части были проведены следующие определения свойств почв: плотность твердой фазы пикнометрическим методом; степень набухания методом Васильева; агрегатный состав и водоустойчивость агрегатов (Шеин, 2005); получение выходных кривых ионов (Шеин и др., 2001); активность хлорид-иона потенциометрическим методом, концентрация иона калия методом пламенной фотометрии (Воробьева, 2006); определение шага смещения графическим способом по Глобусу (Умарова, 2011); содержание органического углерода по методу Тюрина (Воробьева, 1998).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Базовые физические и химические свойства представлены в табл. 1. Исследованные горизонты имеют выраженные типичные различия по значениям порозности, содержанию углерода, плотности твердой фазы почв и др. свойствам: наибольшее содержание органического углерода наблюдается в торфяном горизонте, повышенными значениями плотности почв и плотности твердой фазы выделяется песчаный слой.

Таблица 1. Основные физические и химические свойства почвенных горизонтов.

Горизонт	ρ_s , г/см ³	ϵ , см ³ /см ³	ρ_b , г/см ³	Содержание орг. углерода, г/100 г	pH _{водн.}
В	2.68	0.43	1.51	0.39	6.9
Торф	1.52	0.79	0.31	57	5.6
Песок	2.75	0.38	1.7	0.1	4.6

Серия модельных лабораторных фильтрационных экспериментов проводилась на почвенных колонках каждого горизонта и в двух вариантах почвенных конструкций: вариант 1 – смесь представленных горизонтов в соотношении гор. В – песок-торф=4:1:1; вариант 2 – слоистая почвенная конструкция с последовательностью расположения слоев: В (0–6 см), торф (6–9 см), песок (9–12 см), гор. В (12–18 см). Последовательность выполнения эксперимента следующая: капиллярное насыщение почвенных колонок, увеличение влажности до полной влагоемкости, фильтрация влаги и раствора хлорида калия с порционным сбором фильтрата и последующим определением концентраций ионов.

Сравнение коэффициента фильтрации (Кф) почвенных колонок дает отчетливые различия значений по классификации Ф.Р. Зайдельмана (1996) (табл. 2).

Таблица 2. Класс коэффициента фильтрации почвенных колонок по Ф.Р. Зайдельману (1996).

Материалы	Значения Кф, см/сут	Класс	Наименование
Песок	777.6	VII	Очень высокий
Торф	1030	VII	Очень высокий
Гор. В	115	V	Средне-высокий
Вариант 1: Смесь	28.8	III	Пониженный
Вариант 2: Слоистая	345.6	VI	Высокий

Самый высокий класс имеет песок и торфяной слой. Промежуточное положение занимает колонка, заполненная гор. В. Слоистая конструкция имеет парадоксально высокие значения Кф, а в смешанной колонке наблюдаются низкие значения Кф. Вероятно, это

произошло из-за влияния начальных условий: образование воздушной пробки вследствие гидрофобизации торфа в смешанной колонке и отсутствии данного эффекта в слоистой колонке, а так же влиянии мощности слоев: уменьшение эффекта жаменовских цепочек.

После окончания фильтрации в течение 18 дней в почвенных колонках проводилось изучение послойной динамики влажности. В колонке с торфом наблюдалось увеличение влажности в нижней части, что связано с гидрофобными свойствами торфа и перемещением влаги под действием силы тяжести. Колонка с песком имела невысокие значения влажности, которые к 15 дню, стали еще меньше. Это связано с низкой водоудерживающей способностью песка. Исходя из того, что колонка гор. В обладает более высокой водоудерживающей способностью по сравнению с колонкой с песком, то влажность достигла более высоких значений и менее интенсивно отдавала влагу к 15 дню.

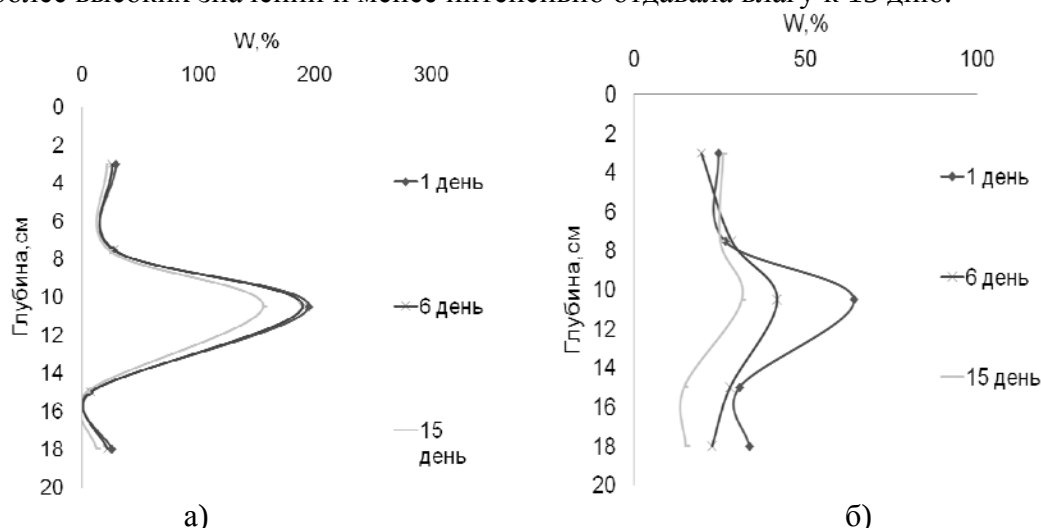


Рисунок 1. Послойное распределение влажности в почвенных колонках: а) слоистая колонка; б) смешанная колонка.

В слоистой колонке с торфяной прослойкой наблюдалась четкая дифференциация по распределению влажности, максимальные значения имел торфяной слой, обладающий высокой водоудерживающей способностью, а минимальные – песчаный слой (рис. 1а). Отметим, что такое дифференцированное распределение влажности почвы вдоль колонки оказалось весьма устойчивым и сохранялось на протяжении всех 18 дней наблюдений на фоне медленного смещения кривой влево. В смешанной колонке наблюдалось высокое варьирование влажности, что связано, со спецификой пространственного распределения отдельных фракций использованных почв и малым размером отбираемых в колонках образцов (рис. 1б).

Летом 2011 г. был выполнен полевой эксперимент, который проводился на 16 площадках, размер каждой – 1 м². Были заложены следующие площадки: (1) Смешанная площадка, представляющая собой хорошо перемешанные части горизонта В, торфа и песка в пропорции 2:1:1:2; (2) Слоистая конструкция. Последняя представляет собой послойно уложенные слои: гор. В–торф–песок–гор. В; (3) Слоистая конструкция, описанная ранее (как №2), но с добавлением гуматов; (4) Саксонская вспашка, т.е. косое залегание гор. В, торфа и песка.

В почву части конструкций были внесены торф, гуматы и минеральные удобрения, для изучения эффекта воздействия каждого из указанных компонентов. На каждой из площадок были посеяны газонные травы, для определения биомассы и влияния внесения добавок. В дальнейшем на всех площадках в течение нескольких месяцев поддерживались одинаковые условия.

Изучение агрегатного состава почвенных конструкций показало, что наибольшее количество агрономически ценных агрегатов представлено в слоистой площадке с добавлением гуматов (~86 %), в то время как у слоистой конструкции без гуматов составило

83 %, а в смешанной около 80 %. Следует отметить, что при подробном рассмотрении слоистых конструкций, обнаружено, что слои, расположенные ниже торфяного слоя (и сам торфяной слой) показали наилучшие результаты по содержанию агрономически ценных агрегатов. Вероятной причиной стало разложение части органического вещества торфа и улучшение структурных свойств нижележащего слоя. Однако это влияние не распространилось глубже одного слоя.

Различия в водоустойчивости агрегатов оказались еще более отчетливыми. В результате проведения мокрого просеивания почвенных образцов установлено, что наибольшее количество агрономически ценных агрегатов по профилю представлено в смешанном образце (~20 %). При этом в слоистой почве без гуматов их около 10 %, а с гуматами – около 15 %. Для слоистых почвенных конструкций выявлено, что и в случае сухого и в случае мокрого просеивания, слои, расположенные ниже торфяного, показывают наиболее высокие значения содержания агрономически ценных агрегатов.

Профильное распределение органического углерода представлено на рис. 2.



Рисунок 2. Профильное распределение содержания органического углерода в почвенных конструкциях.

В слоистых почвенных конструкциях характер распределения содержания органического углерода по профилю носит ступенчатый характер, причем в слоистой конструкции с гуматами содержание углерода имеет закономерно более высокие значения.

В почвенной конструкции, сформированной из смешанного образца, распределение элемента по профилю не дифференцировано, и получены практически одинаковые результаты в образцах со всех глубин (рис. 2).

В сентябре 2011 г. была определена биомасса растительности на всех площадках. Оказалось, что внесение гуматов, торфа и минеральных удобрений неодинаково влияют на биомассу. На диаграмме (рис. 3) видно, что наиболее удачно внесение минеральных удобрений проявилось в смешанном горизонте. Причем, смешанный образец во всех вариантах является более плодородным.

Внесение гуматов так же дает высокие значения биомассы во всех вариантах. Отметим, что все добавки оказывают положительное действие на биомассу по сравнению с контрольными объектами.

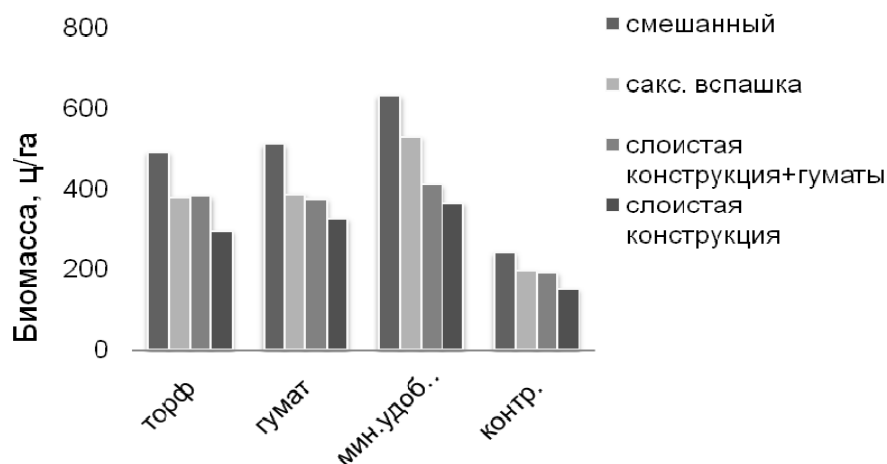


Рисунок 3. Биомасса в исследованных почвенных конструкциях при добавлении удобрений и гуматов.

ВЫВОДЫ

1. Лабораторные фильтрационные эксперименты позволили выявить снижение значений коэффициента фильтрации в почвенных конструкциях в ряду: песок–торф–слоистая конструкция–гор. В–смесь всех горизонтов.

2. В ходе полевых экспериментов на аналогичных лабораторным почвенных конструкциях обнаружено, что через 7 месяцев их функционирования произошло увеличение содержания агрономически ценных агрегатов, причем особенно значимо – в слоистой конструкции с добавлением гуматов.

3. Специфика формирования почвенных конструкций существенно влияет на биомассу. Значительное положительное влияние на продуктивность оказывает внесение минеральных удобрений, гуматов и торфа. Наибольшее положительное воздействие оказали минеральные удобрения при внесении их в смешанный образец. Наиболее равномерное положительное воздействие на все конструкции оказали гуматы, что и отразилось на биомассе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов/ А.Ф.Вадюнина, З.А.Корчагина. М.: Высшая школа, 1973. 399 с.
2. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1998. 272 с.
3. Воробьева Л.А. (Ред.) Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
4. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. Учебник для вузов. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1996, 382 с.
5. Почвоведение. Ч. 1, 2: Учебник / под ред. Б.Г. Розанова, В.А. Ковды. – М.: Высшая школа, 1988.
6. Умарова А.Б. Рабочая тетрадь. Практикум по физике почв: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 2011.
7. Шеин Е.В., Архангельская Т.А., Гончаров В.М., Губер А.К., Початкова Т.А., Сидорова М.А., Смагин А.В., Умарова А.Б. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. М., МГУ, 2001, 200 с.
8. Шеин Е.В. Курс физики почв. М.: МГУ. 2005, 432 с.

Работа рекомендована д.б.н., профессором Умаровой А.Б.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И ВОД ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫХ РАЙОНОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

С.Л. Вершинина

Санкт-Петербургский государственный университет

В работе рассматриваются вопросы загрязнения почв и вод территорий Калининского и Красногвардейского районов Санкт-Петербурга. Выявлены значительные различия между почвами газонов по обеспеченности элементами питания растений. Отмечены явления загрязнения почв ТМ. Подтверждено загрязнение вод рек и водоемов минеральными формами азота, фосфором и ТМ. Отмечено накопление в природных объектах сверхнормативных количеств Fe и Mn. Делается заключение о необходимости разработки и реализации районных (муниципальных) комплексных планов оптимизации состояния экосистем.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная антропогенная нагрузка на городские экосистемы приводит к существенному ухудшению качества окружающей среды. Происходит загрязнение почв и вод города. В настоящее время экологическому состоянию городских экосистем уделяется повышенное внимание. Проводится экологический мониторинг городской территории, осуществляются мероприятия по рекультивации загрязненных земель. Периодически публикуются доклады правительства города об экологической ситуации в Санкт-Петербурге (Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2010 году, 2011; Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2011 году, 2011). В них отмечается неблагоприятное экологическое состояние многих природных объектов.

Цель работы – оценка экологического состояния элементов природной среды Калининского и Красногвардейского районов Петербурга. Конкретной задачей работы явилось изучение химического состояния почв и вод этих районов. Северо-восточные районы являются крупными территориальными единицами города. В них проживает около восьмисот тысяч человек. В северной части районов расположены большие спальные жилые массивы. На территории районов расположено несколько десятков промышленных предприятий. В их числе: «Ленинградский металлический завод», «Электродный завод», «Завод торгового оборудования», предприятие «Красный Маяк», объединение «Арсенал», завод «Красный Октябрь», предприятие «Пластполимер» и др. Калининский и Красногвардейский районы пересекаются многочисленными автотранспортными и железнодорожными магистралями. На территории районов находятся также крупные зеленые массивы: «Сосновка», «Муринский ручей», «Ржевский лесопарк», «Пискаревский парк», «Полустровский» парк и др. Эти парки являются местами активного отдыха горожан. По территории районов протекает большое количество рек: Охта, Оккервиль, Лубья (Луппа), Жерновка (Лапка), Муринский ручей, Горелый ручей и др. Встречаются многочисленные водоемы.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования явились почвы скверов, внутридворовых и уличных газонов, пустырей, лесопарковых зон, а также вновь завозимые почво-грунты. Пробы отбирались выборочно из верхнего слоя. Отбирались также пробы опавших листьев деревьев, пробы плодов кустарников, грибов. Объектами исследований являлись также воды основных рек и водоемов указанных районов города, талые и снеговые воды.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Агрохимические анализы почвы проводились обычными стандартными методами (Крейер К.Г., 2005).

Для определения легкоподвижных форм биогенных элементов и тяжелых металлов (ТМ) – микроэлементов использовалась водная вытяжка (1:5). Для определения подвижных форм ТМ использовали вытяжку 1 н. HNO_3 (1:5 и 1:10).

Гидрохимические анализы, определения ионного состава вод, выполнялись общепринятыми методами (Крейер К.Г., Орлова Н.Е., 2009).

Содержание ТМ в почвах и водах определяли атомно-абсорбционным методом на приборе МГА-915.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдения выявили значительные различия почв по агрохимическим свойствам.

Почвы газонов имели реакцию, не выходящую за пределы ПДК. Одновременно наблюдалось сильное варьирование содержания (от очень низкого до очень высокого) подвижных форм фосфора и калия (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимическая характеристика образцов почв.

№ п/п	Место отбора пробы	pH H_2O	P_2O_5 по Кирсанову, мг/кг	K_2O по Кирсанову, мг/кг
1	Пересечение пр. Луначарского и ул. Д. Бедного, клумба	6.5	321	415
2	ул. Ольги Форш, парк, клумба	6.2	435	116
3	пр. Энергетиков, почвогрунт	6.8	6	157
4	пр. Энергетиков, почвогрунт	7.1	779	163
5	пр. Энергетиков, газон	6.9	481	343
6	ш. Революции, газон	6.8	332	302
7	пр. Энергетиков, пустырь	7.8	252	–

В водных вытяжках из почв было определено содержание легкоподвижных форм ТМ (табл. 2).

Таблица 2. Концентрация ТМ в водных вытяжках из почв (мг на 1 л).

№ п/п	Место отбора пробы	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
1	Пересечение пр. Луначарского и ул. Д. Бедного, клумба	749	0.002	0.001	0.041	0.006
2	ул. Ольги Форш, парк, клумба	143	0.023	0.150	0.061	0.014
3	пр. Энергетиков, почвогрунт	116	0.040	0.003	0.020	0.004
4	пр. Энергетиков, почвогрунт	93	0.012	0.072	0.029	0.008
5	пр. Энергетиков, газон	61	0.106	0.654	0.969	0.057
6	ш. Революции, газон	106	0.012	0.219	0.047	0.012
7	пр. Энергетиков, пустырь	218	0.013	0.208	0.122	0.031

Заметное присутствие водорастворимых форм ТМ в почвах свидетельствует о возможности миграции ТМ из почв в поверхностные воды. Обращает на себя внимание высокое содержание в вытяжках железа. Его количество на несколько порядков превышает

нормативы для поверхностных вод. Максимальные значения содержания ТМ были обнаружены в почве газона, удобрявшегося компостом из бытового мусора (№ 5).

Исследовался химический состав вод рек и водоемов исследуемого района. Значения рН находились в пределах нормативных значений ПДК. По ионному составу тип вод можно определить как гидрокарбонатно-кальциево-магниевый. В составе катионов в водах заметно присутствовал натрий (до 4 мэкв/л), в составе анионов – хлор (в диапазоне от 0.5 до 2.5 мэкв/л).

Данные по содержанию биогенных элементов и загрязнителей ТМ приведены в таблице 3.

Таблица 3. Содержание химических загрязнителей в водах района

Место отбора проб	Загрязнители, мг на 1 л										
	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P	K	Na	Cl	Fe	Mn	Zn	Pb
Муринский ручей	1.20	0.50	0.09	0.060	5.8	71.4	71.0	17.8	1.10	0.08	0.028
Пруд на ул. О. Форш	0.40	0.24	0.02	0.110	9.2	8.2	21.3	37.9	1.65	0.40	0.001
Озеро в лесопарке Сосновка (Северный проспект)	1.52	0.16	0.02	0.004	3.4	5.5	17.8	33.8	0.39	0.45	0.024
Озеро в лесопарке Сосновка по пр. Тихорецкого	0.17	0.10	0.01	0.004	2.5	4.2	17.8	49.0	1.89	0.20	0.039
Река Охта (пр. Передовиков)	4.10	11.90	0.07	0.350	5.7	21.3	88.0	4.5	0.11	0.15	0.010
Река Лапка (ул. Коммуны)	1.20	0.40	0.03	0.170	9.6	54.6	78.1	4.0	0.20	0.25	0.022
Река Оккервиль (Заневский пр., д. 29)	1.48	0.10	0.05	0.430	5.0	29.8	35.5	14.7	3.50	0.14	0.090
Река Лубья	0.75	0.62	0.01	0.025	5.0	46.0	44.4	33.7	3.60	0.35	0.033
Озеро, Полостровский парк	0.60	0.62	0.08	0.360	9.8	50.0	49.7	13.9	0.27	0.15	0.010
Пруд на ул. Жукова.	–	1.12	0.40	0.016	13.0	61.3	92.3	27.0	0.22	0.03	0.014
ПДК сан./быт	2.00	10.00	0.60	–	–	200	350	0.5	0.10	1.00	0.030
ПДК хоз./пит	0.50	10.00	0.25	–	2.5	25	350	0.3	0.10	5.00	0.030
ПДК рыб./хоз.	0.30	39.10	0.02	–	50	120	300	0.05	0.01	0.01	0.100

По содержанию минеральных форм азота N-NH₄ (0.8–1.5 мг/л), N-NO₃ (0.5–1.0 мг/л), N-NO₂ (0.02–0.09 мг/л) состояние вод можно определить как «загрязненное».

Содержание фосфора – «Р» (0.10–0.15 мг/л) позволяет определить состояние вод как «грязное». Воды исследуемой территории имеют сверхвысокое содержание ионов железа. Его количество в водах реки Лапка составило в среднем 4 мг/л, Муринского ручья – 8 мг/л, реки Оккервиль – 15 мг/л, реки Лубья – 34 мг/л. Эти показатели превышают значения ПДК для водоемов культурно-бытового водопользования соответственно в 8, 16, 30 и 38 раз. Превышения над значениями ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения оказываются на порядок больше. Высокое содержание железа обнаружено и в водах прудов. Характерно также высокое (0.9–3.5 мг/л) содержание марганца. Превышение значений ПДК здесь составляют соответственно в 9–35 и 90–350 раз. Высокое содержание Fe и Mn в водах района может быть связано с подпиткой поверхностных вод водами грунтовыми. Обнаружено присутствие в водах ионов Zn, Pb, Cu, содержание которых также превышает установленные нормативы.

Негативным моментом является загрязненность берегов рек и водоемов различными видами мусора.

Исследование химического состава листового опада и напочвенных образований проводилось в связи с тем, что ведутся споры о необходимости удаления и захоронения опавших листьев деревьев из-за высокой концентрации в них ТМ (табл. 4). Из приведен-

ных в таблице данных можно видеть, что, действительно, наблюдается повышенное содержание ТМ в напочвенном растительном материале.

Таблица 4. Содержание подвижных форм ТМ (микроэлементов) в растительных и грибных образованиях (в вытяжке 1 н HNO₃ 1:10), мг/кг воздушно-сухой массы.

Образец, элементы	Fe	Mn	Zn	Cu
Листва дуба (<i>Quercus robur</i>)	460	2660	60	10
Листва березы (<i>Betula pubescens</i>)	330	660	1000	75
Листва, смесь-1 (пр. Энергетиков)	790	1810	2500	91
Листва, смесь-2 (напочвенная)	2550	1790	34560	85
Листва, смесь-3 (ул. Д. Бедного)	1700	450	230	101
Яблоня (плоды) (<i>Malus baccata</i>)	160	70	10	108
Боярышник (плоды) (<i>Crataegus oxyacantha</i>)	130	30	190	111
Зимний опенок (<i>Flammulina elutipes</i>)	350	150	160	80
Вешенка обыкновенная (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	150	40	170	461

Содержание ТМ зависит от вида элемента, биологических особенностей растений и др. факторов. Решения относительно утилизации опада должны, по-видимому, приниматься дифференцированно, с учетом всего комплекса условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что территория северо-восточных районов Санкт-Петербурга подвержена высокому антропогенному загрязнению и нуждается в охране. Для нормализации экологического состояния данной территории, обеспечения экологической безопасности населения и окружающей среды требуется проведение детального экологического мониторинга. Необходима разработка и реализация районных комплексных планов почвозащитных, водозащитных и административно-хозяйственных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности правительства Санкт-Петербурга. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2010 году. Санкт-Петербург, 2011 год.
2. Правительство Санкт-Петербурга. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2011 году. Санкт-Петербург, 2011 год.
3. Практикум по агрохимическому анализу почв, изд. 3-е под ред. Крейера К.Г. Изд-во СПбГУ, 2005. 88 с.
4. Крейер К.Г., Орлова Н.Е. Практикум по почвенной гидрохимии. Изд-во СПбГУ, 2009. 64 с.

Работа рекомендуется доцентом каф. агрохимии СПбГУ, к.б.н. К.Г. Крейером.

ВЛИЯНИЕ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ РОСТА ПШЕНИЦЫ
НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ КАДМИЕМ ТОРФЯНОЙ НИЗИННОЙ ПОЧВЕ

А.С. Вяльшина

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

Установлено, что калийные удобрения способствуют увеличению накопления Cd пшеницей. Динамика массы растений и выноса Cd пшеницей из торфяной почвы хорошо описывается логистической функцией.

ВВЕДЕНИЕ

При разработке минерального питания растений чрезвычайно важно учитывать эколого-токсикологическую характеристику почвы. При рекомендации дозы удобрения необходимо основываться не только на степени окультуренности почвы и потребности растений в данном макроэлементе, но и учитывать возможное влияние удобрения на величину загрязнения продукции токсичными веществами. Различают несколько способов взаимодействия химических элементов при переходе из почвы в растение: антагонизм, синергизм, аддитивное взаимодействие, сенсбилизацию (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Минеральные удобрения изменяют катионно-анионный состав почвенного раствора и, следовательно, интенсивность взаимодействия между макроэлементами и тяжелыми металлами.

Кадмий – тяжелый металл (ТМ), относящийся к I классу опасности. Величина его накопления растениями зависит от свойств почвы. В ряде работ показано (Говорина, Ракипов и др., 2007, Ефремова, Губин, Ефимов, 2007), что подвижность Cd в системе почва–растение зависит от катионного состава почвенного раствора. Ионы щелочных и щелочноземельных металлов по уменьшению ингибирующего действия на поглощение Cd растениями располагают в ряд: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} \gg \text{K}^+ > \text{Na}^+$ (Hardiman, Jacoby, 1984).

Торфяная низинная почва содержит незначительное количество валового и подвижного калия, поэтому земледелие на торфяных почвах невозможно без систематического внесения калийных удобрений. Рекомендованные дозы K_2O на этих почвах составляют 150–180 кг/га (Ефимов, 1986), что значительно выше, чем на минеральных.

Для определения оптимальной дозы калийных удобрений на загрязненных Cd почвах, необходима количественная оценка процессов взаимодействия кадмия и калия в системе почва–растение.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Целью нашей работы стало исследование влияния калийных удобрений на динамику роста пшеницы на загрязненной кадмием торфяной низинной почве с использованием математического моделирования. Для закладки вегетационного прецизионного опыта по выращиванию пшеницы сорта «Красноуфимская» была использована торфяная почва древесно-осокового происхождения, характеризующаяся высокой зольностью, высокой степенью разложения торфяной массы, близкой к нейтральной реакцией среды, со средним содержанием подвижных соединений фосфора и калия (табл. 1). Растения выращивались в сосудах Кирсанова, масса почвы в каждом сосуде – 3.5 кг. Пшеница была высеяна непроросшими семенами по 30 штук/сосуд. После появления всходов в каждом сосуде было оставлено 20 растений.

Доза сульфата калия изменялась в диапазоне 50–650 мг K_2O /кг почвы. В качестве фона были использованы сульфат аммония (21 % д.в.) в дозе 150 мг N/кг почвы, простой суперфосфат (26 % д.в.) в дозе 200 мг P_2O_5 /кг почвы. При закладке опыта почва была загрязнена кадмием в концентрации 2 мг Cd/кг воздушно-сухой почвы (2 ОДК для почв с $\text{pH} < 5.5$). Кадмий был внесен в составе раствора соли CdSO_4 одновременно с удобрениями за месяц до посева семян.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика торфяной низинной почвы.

Зольность, %	Степень разложения, %	pH _{KCl}	Нг	S	V, %	Подвижные соединения, мг/100 г	
			ммоль/100 г			P ₂ O ₅	K ₂ O
13.1	45–50	5.2	41.1	79.0	65.8	33.7	31.1

Растения пшеницы срезались на 10, 14, 19, 24, 28, 34, 39, 46, 55 сутки с момента появления первых всходов. После мокрого озоления растений в смеси серной и хлорной кислот (соотношение 5:1) в них была определена концентрация кадмий на атомно-абсорбционном спектрометре Varian AAS-240.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

На протяжении всего периода наблюдений за ростом пшеницы ее масса положительно коррелировала с дозой калийных удобрений (табл. 2). Низкая эффективность калийных удобрений на большинстве временных точек была, по-видимому, обусловлена значительным содержанием подвижного калия в использованной в опыте мелиорированной почве (табл. 1).

Таблица 2. Динамика накопления массы пшеницы (г/сосуд).

Схема опыта	Время отбора пробы, сутки								
	10	14	19	24	28	34	39	46	55
NP+Cd – фон	0.68	1.22	2.12	2.98	3.06	4.86	4.86	6.1	5.6
Фон +K ₅₀	0.74	1.36	3.26	4.44	5.56	8.82	4.86	10.12	19.36
Фон +K ₁₀₀	0.90	1.94	3.54	5.40	7.78	8.82	8.34	10.84	19.36
Фон +K ₁₅₀	0.90	1.50	2.92	5.30	4.44	7.56	9.66	11.60	12.62
Фон +K ₂₀₀	0.74	1.64	3.02	4.40	5.28	8.02	10.34	10.62	19.30
Фон +K ₂₅₀	1.02	1.80	3.74	6.04	7.54	10.38	10.04	14.24	14.48
Фон +K ₃₅₀	0.96	1.94	3.72	5.64	7.32	10.38	9.70	14.50	16.66
Фон +K ₄₅₀	0.74	1.90	3.20	4.44	5.82	10.42	8.94	12.92	12.48
Фон +K ₅₅₀	0.88	1.98	3.34	5.12	6.98	8.86	15.74	11.92	15.98
Фон +K ₆₅₀	0.80	1.98	3.50	5.36	6.30	7.42	8.64	14.2	17.78
R	0.18	0.78	0.48	0.41	0.43	0.34	0.62	0.70	0.21

В литературных источниках указывается, что рост массы растений описывается S-образной кривой, которая хорошо аппроксимируется логистической функцией (Дричко, Ефремова, Поникарова, 1994):

$$M(t) = M_0 M_{\max} \exp(\mu t) / [M_{\max} + M_0 \exp(\mu t)], \quad (1)$$

где $M_{\max}$ – максимальная масса растений, г; M_0 – начальная масса, с которой начинается рост пшеницы (масса зародыша семени), г; $M(t)$ – масса растений на момент времени t , г; μ – константа скорости накопления массы растений (удельная скорость роста), сут⁻¹.

При условии $M_{\max} \gg M_0 \exp(\mu t)$ наблюдается экспоненциальная фаза нарастания массы растений (Дричко, Ефремова, Поникарова, 1994), которая соответствует наиболее интенсивному росту растений:

$$M(t) = M_0 \exp(\mu t). \quad (2)$$

В нашем эксперименте динамика массы растений также изменялась в соответствии с логистической кривой. Период экспоненциальной фазы роста пшеницы продолжался около 24 суток от начала всходов. По разным оценкам экспоненциальная фаза роста растений продолжается в течение 30–50 суток вегетационного периода (Дричко, Ефремова, Поникарова, 1994). Меньшая продолжительность экспоненциального периода в нашем эксперименте, вероятно, связана с очень высокой температурой окружающей среды летнего периода 2010 года.

Анализ параметров M_0 и μ уравнений (1) и (2) показал (табл. 3), что масса зародыша семени пшеницы (M_0) практически не изменяется в эксперименте и составляет в среднем 0.010 ± 0.033 г/сосуд. В одном сосуде было 20 растений, поэтому масса 1 зародыша зерна 0.005 г.

Обнаружена тенденция к увеличению константы скорости накопления массы растений μ с возрастанием дозы калийного удобрения. Коэффициент корреляции прямо пропорциональной зависимости этих параметров на торфяной почве ($R=0.44$) несколько ниже аналогичного параметра, полученного в подобном эксперименте на дерново-подзолистой почве ($R=0.6$) (Дричко, Ефремова, Изосимова, 2009).

Константа скорости накопления массы растений позволяет вычислить период (T) удвоения массы растений (Дричко, Ефремова, Поникарова, 1994):

$$T = \ln 2 / \mu = 4.65 \text{ суток} \quad (3)$$

Таким образом, масса растений пшеницы сорта Красноуфимская на экспоненциальной фазе роста удваивалась каждые 4.65 суток.

Изменения M_0 и μ с увеличением дозы калия оказались противоположно направленными, что совпадает с данными ранних исследований (Дричко, Ефремова, Изосимова, 2009). По-видимому, чем меньше начальная масса, с которой начинается рост пшеницы, тем больше прирост растения за единицу времени.

Таблица 3. Расчетные параметры логистических функций накопления массы растений и выноса кадмия растениями из почвы.

Доза калия, мг/кг	M_0 , г/сосуд	μ , сут ⁻¹	A_0 , мкг/сосуд	ϵ , сут ⁻¹
0	0.010	0.126	0.060	0.106
50	0.007	0.165	0.019	0.187
100	0.011	0.151	0.027	0.165
150	0.012	0.131	0.052	0.124
200	0.008	0.155	0.027	0.161
250	0.012	0.144	0.084	0.098
350	0.011	0.150	0.056	0.139
450	0.008	0.160	0.018	0.214
550	0.011	0.146	0.056	0.129
650	0.008	0.164	0.030	0.168
Среднее	0.010 ± 0.033	0.149 ± 0.013	0.043 ± 0.022	0.149 ± 0.037
R	-0.1	0.44	-0.05	0.23

В опыте отмечена положительная прямолинейная зависимость между содержанием кадмия в растениях и дозой калийных удобрений. Можно предположить, что между ионами калия и кадмия осуществляется взаимодействие на границе твердой фазы почвы. Калий вытесняет кадмий с обменных позиций в почвенный раствор, откуда он легко поступает в растения. Другая гипотеза состоит в том, что калий, увеличивая оводненность цитоплазмы клеток растений, усиливает интенсивность обмена веществ в тканях пшеницы и, как следствие, всасывающую способность ее корневой системы. В связи с этим возрастает поступление всех химических элементов в растения, в том числе Cd.

Нами был рассчитан вынос кадмия растениями в течение вегетации на всех концентрациях калия в почве (табл. 4):

$$A = MC, \quad (4)$$

где A – вынос Cd растениями, мг/сосуд; M – масса растений, г/сосуд; C – концентрация Cd в растениях, мг/г.

Вынос кадмия, так же как и изменение массы растений в течение вегетации, аппроксимируется логистической функцией:

$$A(t) = A_0 A_{\max} \exp(\epsilon t) / [A_{\max} + A_0 \exp(\epsilon t)], \quad (5)$$

где $A_{\max}$ – максимальный вынос Cd растениями, мг/сосуд; A_0 – начальный вынос Cd в момент прорастания зерна (или содержание Cd в зерне), мг/сосуд; $A(t)$ – вынос Cd на момент времени t , мг/сосуд; ϵ – константа скорости выноса Cd растениями, сутки⁻¹.

Анализ данных показал, что экспоненциальный период выноса кадмия продолжался в течение 19–24 суток от начала появления проростков. Скорость выноса элемента в этот период наиболее высокая.

В опыте наблюдалась тенденция увеличения корреляционной связи между выносом Cd растениями пшеницы и дозой калийного удобрения. Наиболее тесная и достоверная прямолинейная зависимость между параметрами отмечена у растений в возрасте 46 суток (табл. 4).

Таблица 4. Динамика выноса Cd пшеницей ($\text{н} \cdot 10^{-2}$ мг/сосуд).

Доза калия, мг/кг	Срок отбора пробы, сутки								
	10	14	19	24	28	34	39	46	55
0	0.36	0.50	0.92	0.86	1.17	1.22	1.32	1.54	1.31
50	0.23	0.59	1.26	1.71	3.05	2.90	1.38	3.78	7.78
100	0.28	0.55	1.26	2.11	2.22	3.27	2.69	4.01	7.78
150	0.36	0.62	1.05	2.10	1.20	2.93	3.24	4.74	4.76
200	0.25	0.63	1.08	1.51	2.15	2.87	3.13	4.28	5.02
250	0.34	0.82	1.19	2.05	2.68	4.12	4.21	5.75	8.04
350	0.43	0.84	1.52	2.02	2.91	1.53	3.86	5.93	7.51
450	0.27	0.94	1.91	1.80	2.67	4.87	3.97	5.44	5.17
550	0.35	0.85	1.26	2.33	2.78	3.85	5.63	5.47	8.26
650	0.32	0.95	1.48	2.18	3.04	3.14	3.77	5.74	9.67
R	0.21	0.24	0.76	0.37	0.51	0.39	0.55	0.82	0.72

Математическая обработка зависимости позволяет вычислить параметры логистической функции динамики выноса металла A_0 и ϵ (табл. 3). Интерпретация параметра A_0 окончательно еще не выяснена, однако если учесть, что $A_0 = 0.043 \pm 0.022$ мкг Cd/сосуд, а в 1 сосуде содержится 20 растений, то в 1 зерне пшеницы предположительно содержится 0.002 мкг Cd.

Известно, что изменение концентрации химического элемента в растениях во времени можно оценить по соотношению констант скорости накопления биомассы и скорости выноса элемента растением (Дричко, Ефремова, Поникарова, 1994). Если они равны друг другу, то концентрация элемента в растении не изменяется в течение всего времени вегетации. Если $\mu > \epsilon$ или $\mu < \epsilon$, то концентрация элемента в растении соответственно уменьшается или увеличивается во времени с общей константой скорости ($\mu - \epsilon$).

В нашем эксперименте среднее значение константы скорости выноса Cd растениями пшеницы (ϵ) по значению совпадает с константой скорости роста растений (μ) (табл. 3), таким образом, концентрация Cd в растениях пшеницы в течение периода вегетации теоретически не должна изменяться. Это предположение совпадает с результатами нашего эксперимента (рис. 1). В вариантах с применением калийных удобрений существенных различий между концентрациями Cd в растениях пшеницы во времени не обнаружено, все значения параметра входят в диапазон колебаний среднего значения по варианту. Исключением из вышесказанного является контрольный вариант, в котором концентрация металла в растениях со временем снижалась.

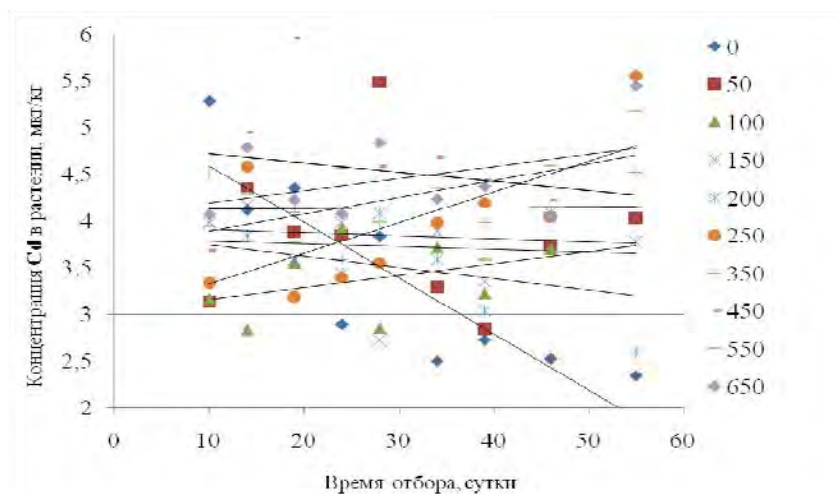


Рисунок 1. Изменение концентрации Cd в растениях во времени.

Выводы

1. Увеличение дозы калийного удобрения на торфяной низинной почве способствует возрастанию концентрации Cd в растениях пшеницы.
2. Динамика выноса Cd растениями пшеницы из торфяной низинной почвы может быть описана логистической функцией.
3. В вариантах с внесением калийного удобрения концентрация кадмия в растениях в течение вегетации не изменялась, что соответствует условию равенства удельных скоростей накопления биомассы пшеницы и выноса Cd растениями из торфяной низинной почвы ($\mu = \epsilon = 0.149$).
4. В период экспоненциальной фазы роста растений удвоение массы растений пшеницы сорта Красноуфимская на торфяной низинной почве происходило каждые 4.65 суток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Говорина В.В., Ракипов Н.Г., Кео Сопхеак Лин, Сидоренкова Н.К. Содержание и распределение кадмия, свинца и никеля в растениях яровой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания и загрязнения тяжелыми металлами // *Агрохимия*. – 2007. – № 3. – С. 61–67.
2. Дричко В.Ф., Ефремова М.А., Поникарова Т.М. Поступление Cs-134 из торфяной почвы в тимopheевку луговую в онтогенезе // *Радиационная биология. Радиоэкология*. – 1994. Т. 34. Вып. 4–5.
3. Дричко В.Ф., Ефремова М.А., Изосимова А.А. Влияние кадмия и никеля на скорость нарастания массы пшеницы Ленинградская-97: Мат. межд. конгресса «Крупный и малый бизнес в АПК: роль, механизмы взаимодействия, перспективы». – СПб.: Ленэкспо, 2009. – С. 100.
4. Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 316 с.
5. Ефремова М.А., Губин А.Н., Ефимов В.Н. Взаимодействие калия и тяжелых металлов в системе торфяная почва–растение// *Агрохимия*. – 2007. №9. С. 58–63
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
7. Hardiman R.T., Jacoby B. Absorption and translocation of Cd in Bush Beans (*Phaseolus vulgaris*) // *Physiol. Plant.* – 1984. – V. 61. – P. 670–674.

Работа рекомендована д.б.н., заведующей радиобиологической лабораторией, доцентом кафедры агрохимии СПбГАУ М.А. Ефремовой.

КОМБИНАЦИЯ ТЕРМОГРАВИМЕТРИИ И ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИИ КАК ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Л.А. Гайнуллина¹, Е.В. Соловьева¹, Г.Г. Исламова²

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, LeysankaG@yandex.ru,

²ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», Казань

Все технологические процессы нефтегазодобывающего производства – разведка, бурение, добыча, переработка, транспорт – связаны с нефтяным загрязнением почв. При систематически повторяющемся поступлении нефтепродуктов в почвы это должно приводить к адаптации и перестройке, как функциональной структуры микробного сообщества, так и функциональной структуры почвенного органического вещества (ОВ). В меньшей степени поддаются воздействию микроорганизмов парафиновые и асфальтеново-смолистые компоненты. Их трансформация наиболее длительна и наименее изучена, поэтому особый интерес представляет изучение ОВ в гумусовых горизонтах почв, подвергавшиеся систематическому загрязнению нефтепродуктами в течение длительного времени.

Проведена проверка возможностей ТГ-Фурье-ИКС экспериментов на примере изучения ОВ черноземных почв юго-востока РТ, ранжированных по уровню антропогенной нагрузки. Исследованы образцы из верхнего слоя загрязненных почв, отобранные на территории промышленных площадок эксплуатирующихся кустовых нефтяных скважин, на участке пашни подверженном систематическому загрязнению пластовыми водами и образцы фоновой пахотной и фоновой залежной почвы.

ВВЕДЕНИЕ

Термический анализ давно зарекомендовал себя как мощный инструментальный метод исследования сложных природных объектов. Однако при анализе почв и осадочных пород, содержащих органические компоненты, интерпретация фазовых превращений и взаимодействий часто затрудняется сложным характером наложения термических эффектов.

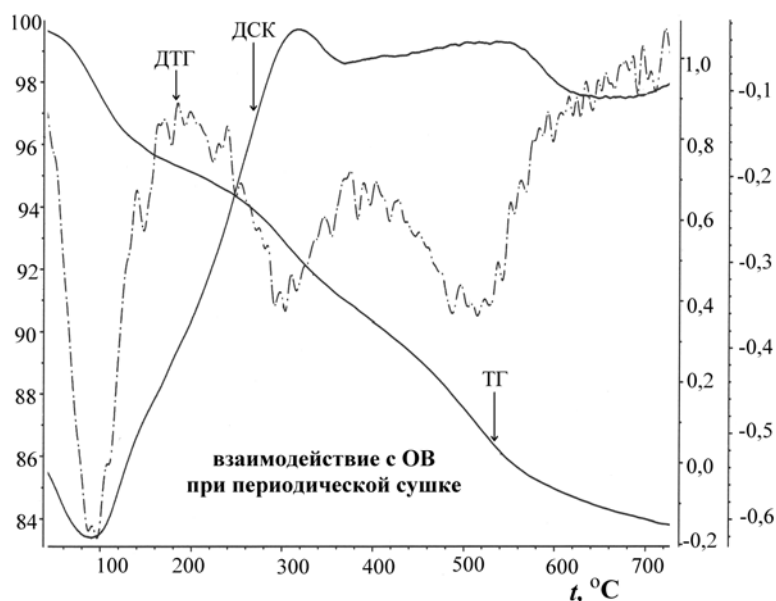


Рисунок. Данные термического анализа лингуловой глины.

В качестве примера приведем данные термического анализа лингуловой глины, которая в течение трех лет инкубировалась с разлагающимися растительными остатками. До экспериментов она была обработана 0.5 М серной кислотой и не содержала карбонатов. После инкубации она была подвергнута обработке 30 % перекисью водорода для удаления неустойчивого к окислительной деструкции органического вещества. На кривой

термогравиметрии по производной (ДТГ) четко видны потери массы в области 100 °С (гигроскопическая вода) и в областях 300 и 500 °С. На кривой дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) видно, что потеря массы в области 100 °С, как и положено, связана с эндотермическим эффектом, а нехарактерные потери массы в области 300 и 500 °С сопровождаются экзотермическими эффектами. Особенно выражен экзотермический эффект в области 300 °С. Но уверенно приписать его сгоранию органического вещества нельзя.

Благодаря комбинации методов термогравиметрии (ТГ) и Фурье-ИК спектроскопии в последние годы стало возможным не только количественно рассчитать потери массы, но и одновременно идентифицировать выделяющиеся газы. Действительно, если мы экстрагируем ИК спектры летучих продуктов в области 300 и 500 °С, то сразу же видим, что имеем дело со сложной смесью органических веществ.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были черноземные почвы юго-востока Республики Татарстан, ранжированные по уровню антропогенной нагрузки.

Исследованы образцы из верхнего слоя загрязненных почв, отобранные на территории промышленных площадок эксплуатирующихся кустовых нефтяных скважин, на участке пашни, подверженном систематическому загрязнению пластовыми водами, и образцы фоновой пахотной и фоновой залежной почвы.

Образцы отобраны в Черемшанском районе осенью 2011. В этом районе, как в целом на юго-востоке Республики Татарстан, какой-то особой «культуры» нефтедобычи нет. Это типичный участок с кустовыми скважинами и станками-качалками.

Полевые образцы, отобраны в полиэтиленовые контейнеры путем вырезания параллелепипедов размером 10–20 см, поделены пополам на образцы из слоев 0–10 см и 10–20 см. Из высушенных послойных образцов проведен отбор средней лабораторной пробы методом квартования. Образцы средней лабораторной пробы растерты до частиц <0.25 мм. По 3 г образцов из слоя 0–10 см переносили в бюксы, которые помещали в эксикатор и дегидратировали над P_2O_5 .

В образцах исследовано термическое поведение в динамических неизотермических условиях и качественная характеристика выделяющихся продуктов. Термический анализ выполнен в ЦНИИГеолнеруд на синхронном термоанализаторе STA 409 PC Luxx производства Netzsch, совмещенном с внешней газовой ячейкой Фурье-ИК спектрометра Tensor 27 производства Bruker.

ВЫВОДЫ

При анализе 3D изображений сразу же обращает на себя внимание повышенная термическая устойчивость органического вещества у почв промышленных площадок. У пахотных почв, в том числе подвергавшихся систематическому загрязнению пластовыми водами, а также у целинного аналога, интенсивное разложение органики начинается с 250 °С и практически полностью заканчивается в районе 500 °С. В то же время, у почвы промышленной площадки мы наблюдаем выделение активных в ИК области летучих продуктов термического разложения и при 700 °С, и даже в области более высоких температур.

Однако экстракция ИК-спектров соответствующих различным температурам с помощью программы OPUS наглядно показывает, что в процессе термического разложения из почвенных образцов удаляются не только гигроскопическая влага и адсорбированные почвой газы (CO_2 , NH_3 и др.), как обычно указывается в руководствах по анализу почв. Судя по наличию большого количества дополнительных полос в средней ИК-области, мы имеем дело с достаточно сложной смесью летучих органических продуктов. Результаты ИК-спектроскопии не позволяют однозначно идентифицировать каждый из компонентов

по соответствующим библиотекам ИК спектров. Можно только обозначить наличие в смеси молекул, содержащих определенные связи, функциональные группы и структурные фрагменты. Главное, это появление на ИК-Фурье спектрах летучих продуктов термического разложения почв промышленных площадок интенсивных полос в области 3000–2820 см⁻¹, соответствующих валентным колебаниям СН, СН₂ и СН₃-групп. Эти полосы поглощения являются диагностическими для нефтепродуктов. Интересно, что они проявляются во всем температурном диапазоне, начиная с 250 °С, и вплоть до 700 °С.

На ИК-Фурье спектрах летучих продуктов термического разложения пахотной почвы подвергавшейся систематическому загрязнению пластовыми водами, эти полосы не наблюдаются. Не обнаруживаются эти полосы поглощения и у фоновой пахотной почвы и у залежного аналога.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эти результаты, конечно, являются предварительными. Однако мы расцениваем их как свидетельство того, что комбинация методов термогравиметрии и Фурье-ИК спектроскопии может оказаться весьма полезным инструментом для характеристики органического вещества почв загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Здесь следует заметить, что анализ проводили в атмосфере воздуха и это, конечно, сильно обедняет 3D картины, потому что, основным продуктом распада является все же диоксид углерода.

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

УДК 631.417:552

ПРОЧНОЕ СВЯЗЫВАНИЕ ЛЕТУЧИХ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ГЛИНИСТЫМИ ПОРОДАМИ, СОДЕРЖАЩИМИ СИНГЕНЕТИЧЕСКОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО

А.С. Гордеев¹, А.А. Шинкарев²

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, drgor@mail.ru

²ФГУП «ЦНИИГеолнефурд», Казань, alex.shinkarev@gmail.com

Для оценки потенциальных возможностей использования глинистых минералов в качестве геосорбентов, способных к необратимому связыванию летучих топливных и нефтяных углеводородов изучено сродство к ним глинистых пород, содержащих сингенетическое органическое вещество. Оценка сродства к углеводородам проведена статическим методом сорбции из насыщенного пара абсолютированной смеси летучих углеводородов. Аналитические методы включали рентгеновскую дифрактометрию, АЛА и термический анализ, ИСП-АЭС, Фурье-ИК спектроскопию и совмещенную ТГ-Фурье-ИК спектроскопию.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее распространенных последствий производственной деятельности является загрязнение почвенного покрова летучими органическими соединениями (ЛОС) – подвижными и сравнительно мало изученными загрязнителями почв, многие из которых характеризуются острой токсичностью, мутагенным и канцерогенным действием (Возможности ..., 2000; Wu, 2004). В свою очередь, одним из основных путей иммобилизации ЛОС в почвах является сорбционное связывание, влияющее на биодоступность и подвижность ЛОС в почве и ландшафте, и определяющее интенсивность их поступления в грунтовые и поверхностные воды и пищевые цепи (Griffiths, 2004; Xing, 2005).

При защите и очистке почв от нефтезагрязнений широко применяют природные сорбенты. Их стали использовать и при биоремедиации почв для снижения токсичности

Работа выполнена при поддержке молодежного гранта АН РТ № 06-15 11.04.2011.

© А.С. Гордеев, А.А. Шинкарев, 2012

летучих УВ в почве для микроорганизмов и корневых систем растений за счет частичного сорбционного связывания. Однако чистые глинистые минералы оказались мало эффективными как сорбенты гидрофобных УВ. Поэтому, сейчас, активно разрабатываются технологии с применением смектитовых глин, модифицированных органическими катионами. Существенными недостатками такого подхода являются высокая стоимость органо-бентонитов и отсутствие информации о сроках их действия.

Недавно были получены экспериментальные доказательства того, что органические компоненты природного происхождения непосредственно в почвенных условиях способны внедряться в лабильные межслоевые промежутки глинистых минералов, формируя органо-смектитовые композиты с неупорядоченной по кристаллографической оси c^* структурой (Гиниятуллин, 2010; Шинкарев, 2011). Однако условия аэробной трансформации органического вещества (ОВ) в почвах принципиально отличаются от условий анаэробной трансформации при диагенезе. Даже для почв показано, что анаэробная микробиологическая трансформация органического материала способствует гидрофобизации продуктов. Следовательно, глинистые породы, содержащие сингенетическое ОВ с высокой степенью вероятности могут обладать существенно более выраженными органофильными свойствами.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Целью работы служила комплексная оценка перспективности использования минерально-сырьевой базы глинистых пород РТ, содержащих сингенетическое ОВ в качестве геосорбентов при рекультивации земель, нарушенных и загрязненных предприятиями нефтегазохимического комплекса.

Предварительные исследования показали присутствие кальцита и доломита, цементирующих минеральные частицы в образцах, для полноты диспергации которых использовалась исчерпывающая обработка 0.1 моль/л HCl.

Затем, методом отмучивания устойчивой суспензии из образцов пород после удаления из них карбонатов и отмывки, выделены фракции частиц со стоксовым эквивалентным диаметром <0.01 мм (Кринари, 2007).

Таблица 1. Содержание углерода во фракции <0.01 мм образцов глинистых пород, выделенной после удаления карбонатов.

№ образца	C, %	№ образца	C, %
1	0.20	21	1.27
2	0.62	22	1.34
3	1.08	23	1.80
4	1.17	24	1.30
5	1.44	25	1.16
6	1.39	26	1.24
7	0.32	27	1.07
8	0.72	28	1.55
10	0.95	29	0.69
11	3.40	30	0.49
14	1.14	31	0.61
15	0.45	32	0.84
16	0.64	33	0.91
17	0.99	34	0.40
18	0.96	35	0.40
19	1.24	41	1.23
20	1.24	42	1.34

Насыщение образцов высушенных над P_2O_5 проводили из насыщенных паров смеси НЕФРАС-С2-80/120 и НЕФРАС-С4-150/200 составленной так, чтобы содержание ароматических соединений составляло около 5 %. Результирующую смесь УВ абсолютировали стандартными методами (Вайсбергер, 1958). Оценку сродства глинистых пород, содержащих сингенетическое ОВ, к УВ проводили статическим методом сорбции из насыщенного пара абсолютированной смеси летучих УВ. Расчеты проводили по привесу абсолютно сухих препаратов фракции <0.01 мм после достижения равновесия, и по потере массы после десорбции сорбированных УВ из насыщенных препаратов над парафином в присутствии P_2O_5 .

Обязательным условием возможности использования глинистых пород в качестве геосорбентов для необратимого связывания летучих УВ было наличие в их составе сингенетического ОВ. Отложения всех осадочных комплексов содержат в своем составе это ОВ в различном количестве, что обусловлено процессами осадконакопления. Наличие ОВ четко диагностируется по результатам элементного органического анализа препаратов фракции с размером частиц <0.01 мм, выделенной из исходных образцов после удаления карбонатов (табл. 1)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты сорбционных экспериментов четко показывают, что для всех исследованных образцов глинистых пород и для цеолитсодержащих пород процесс связывания сложной смеси УВ из насыщенной паровой фазы складывается из быстрой начальной стадии и затем приобретает медленный (диффузный) характер. Процесс парофазной сорбции из насыщенной паровой фазы сложной смеси УВ приближается к равновесному состоянию только спустя 3 недели от начала сорбционного эксперимента. Среди исследованных глинистых пород наибольшие величины максимальной сорбции УВ (более 80 кг/т абсолютно сухого образца) обнаруживают образцы глауконитовых, некоторых меловых и плиоценовых глин (рис. 1). Для сравнения, в почвенном образце из верхнего гумусового горизонта эта величина не превышает 20 кг/т абсолютно сухого образца.

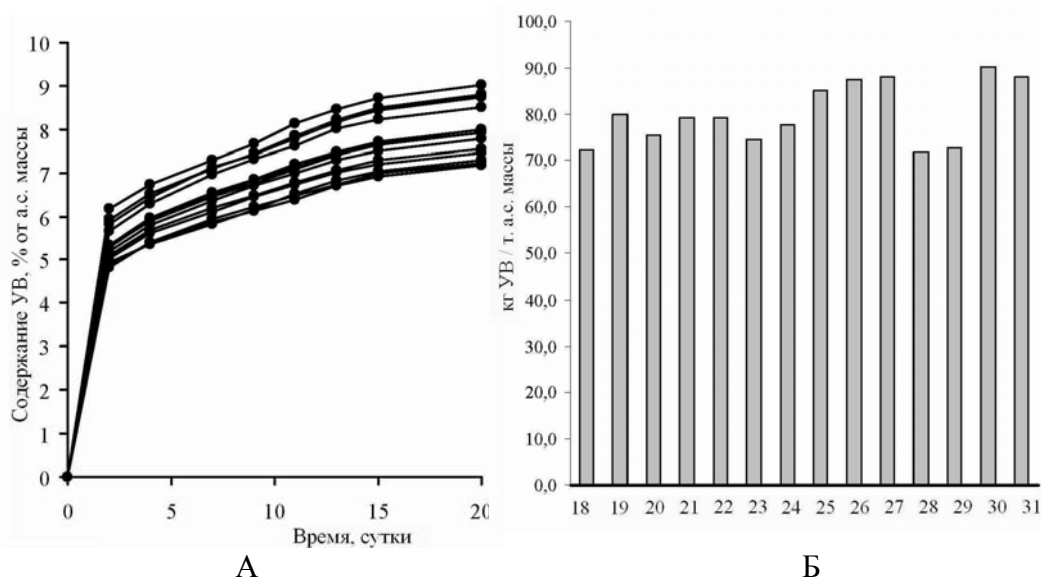


Рисунок 1. Кинетические кривые (А) и максимальные величины сорбции УВ (Б) из насыщенной паровой фазы в эксперименте с образцами плиоценовых глин (фракция частиц <0.01 мм).
(Прим. В основании диаграммы номера образцов).

Однако образцы цеолитсодержащих пород обнаруживают значительно более высокую максимальную сорбционную емкость, достигающую около 170 кг/т абсолютно сухого образца (рис. 2).

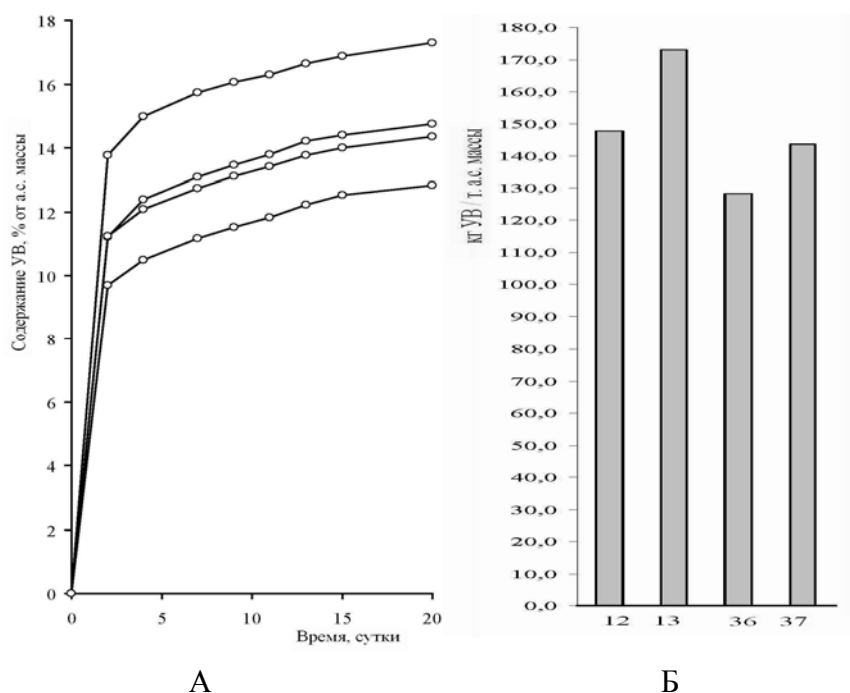


Рисунок 2. Кинетические кривые (А) и максимальные величины сорбции ОВ (Б) из насыщенной паровой фазы в эксперименте с образцами цеолитсодержащих пород (фракция частиц <0.01 мм).

Из преимущественно физического характера сорбции гидрофобных ЛОС минеральными поверхностями, (силы Ван-дер-Ваальса) (Minnich, 1993; Totsche, 2005) логически следует обратимость связывания ОВ. Это следствие полностью согласуется с результатами экспериментов по десорбции ОВ из насыщенных образцов цеолитсодержащих пород над парафином (рис. 4). В образцах фракция частиц <0.01 мм через 20 суток выдерживания над парафином остается только менее 5 % от исходного содержания ОВ после полного насыщения из паровой фазы. Однако в глинистых породах необратимо связанной оказывается вплоть до 1/3 части гидрофобных ЛОС. В абсолютных значениях максимальной величины необратимой парофазной сорбции у образцов из различных месторождений и проявлений она варьирует и достигает до 25 кг/т абсолютно сухого образца у плиоценовых глин (рис. 3).

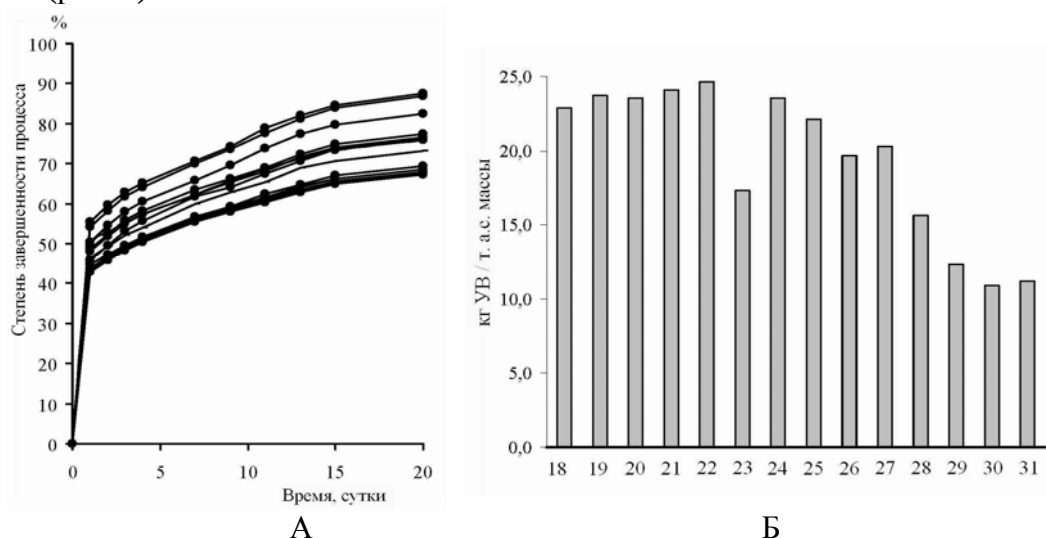


Рисунок 3. Кинетические кривые десорбции (А) и максимальная величина необратимой парофазной сорбции ОВ (Б) из насыщенной паровой фазы в эксперименте с образцами плиоценовых глин (фракция частиц <0.01 мм).

ИК-Фурье показывают присутствие УВ в препаратах фракции <0.01 мм после исчерпывающей сушки над парафином по характерным полосам поглощения в области $3000\text{--}2820\text{ см}^{-1}$, соответствующих валентным колебаниям CH , CH_2 и CH_3 групп (рис. 5).

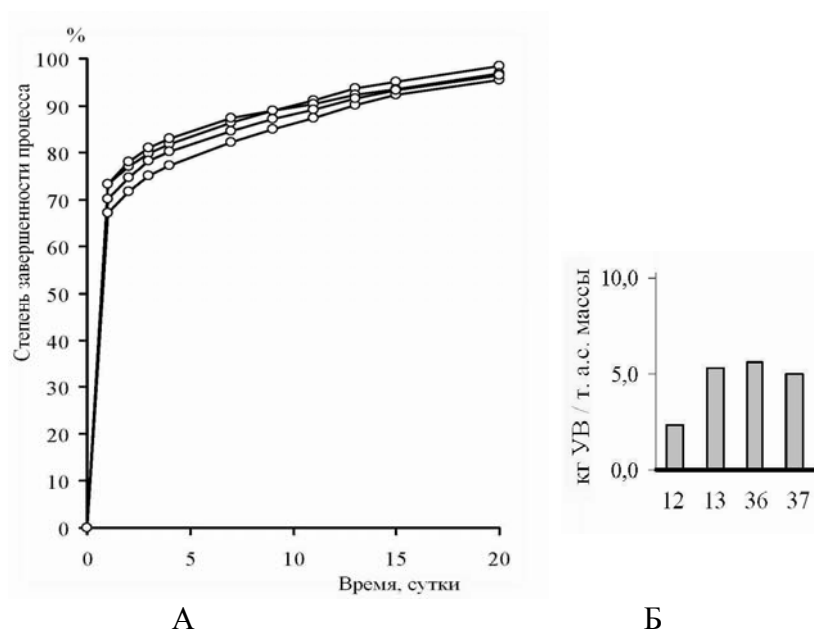


Рисунок 4. Кинетические кривые десорбции (А) и максимальная величина необратимой парофазной сорбции УВ (Б) из насыщенной паровой фазы в эксперименте с образцами цеолитсодержащих пород (фракция частиц <0.01 мм).

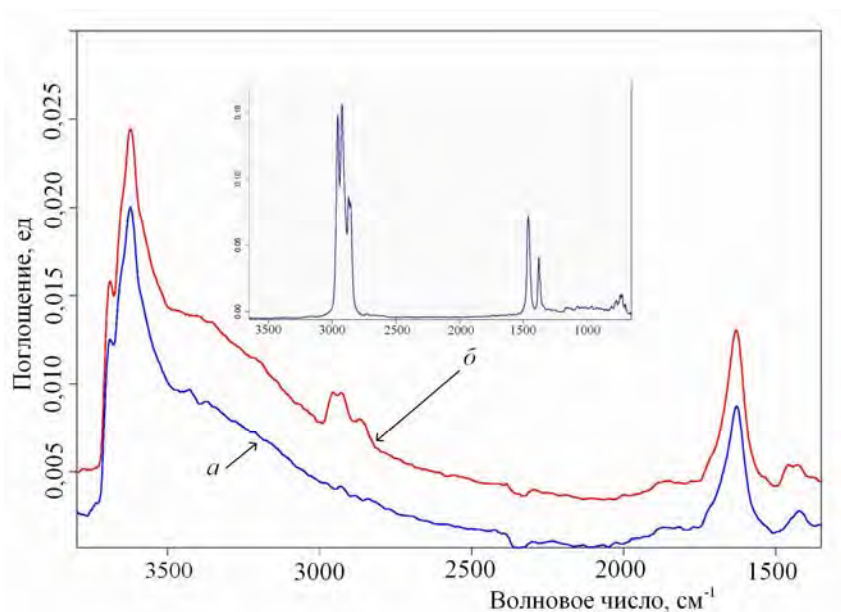


Рисунок 5. ИК-Фурье спектры фракции <0.01 мм образца плиоценовой глины № 20 после сушки над P_2O_5 (а) и после насыщения УВ и исчерпывающей сушки над парафином (б). Вверху ИК-Фурье спектр смеси УВ, использованной для насыщения в сорбционных экспериментах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рентгенографическим фазовым анализом установлено, что дегидратация воздушно-сухих препаратов фракции < 0.01 мм глинистых пород над P_2O_5 приводит к существенному уменьшению межслоевых расстояний глинистых минералов с лабильной кристаллической решеткой, а насыщение их из паровой фазы абсолютированной смесью нефтяных углеводородов, напротив, приводит к смещению первого базального рефлекса в сто-

рону малых углов, но не до исходного состояния (рис. 6). Эти результаты могут интерпретироваться как экспериментальное свидетельство проникновения (интеркаляции) и связывания летучих углеводородов в лабильном межслоевом пространстве глинистых пород содержащих сингенетическое органическое вещество.

При всей совокупности положительных результатов следует заметить, что для подготовки почв, загрязненных предприятиями нефтегазохимического комплекса к дальнейшей очистке традиционными методами биоремедиации, в части снижения концентрации наиболее токсичных летучих алифатических и ароматических УВ в почве за счет частичного сорбционного связывания, величины порядка 25 кг углеводородов на тонну абсолютно сухой глинистой породы слишком малы, тем более, что с ростом влажности сорбционная емкость будет снижаться. Поэтому данную работу целесообразно продолжить в направлении поиска более эффективных способов обогащения плиоценовых глин и (или) методов их модификации.

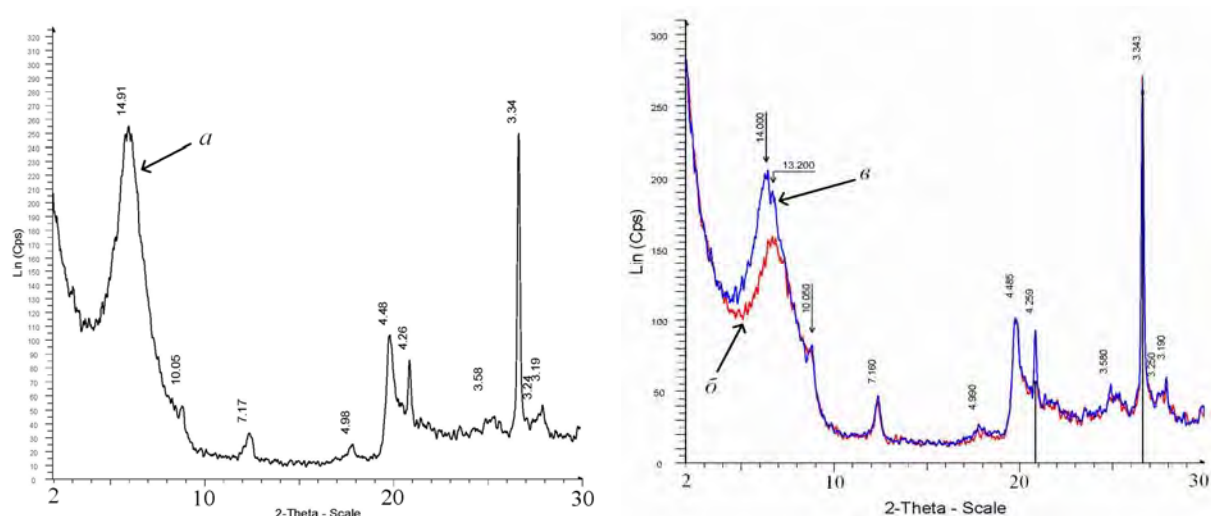


Рисунок 6. Дифракционные спектры базальных отражений препарата фракции <0.01 мм, выделенной из образца плиоценовой глинистой породы, в воздушно-сухом состоянии (а), после дегидратации над P_2O_5 (б) и после насыщения УВ и исчерпывающей сушки над парафином (в)

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайсбергер А. Органические растворители. Физические свойства и методы очистки / А. Вайсбергер, Э. Проскауэр, Дж. Риддик, Э. Тупс. – М.: Иностран. лит., 1958. – 519 с
2. Возможности современных и будущих фундаментальных исследований в почвоведении. – М.: ГЕОС, 2000. – 138 с.
3. Гиниятуллин К.Г. Связывание органического вещества в устойчивую к окислению форму при взаимодействии глинистых минералов с растительными остатками / К.Г. Гиниятуллин, А.А. Шинкарев (мл), А.А. Шинкарев, Г.А. Кринари, Т.З. Лыгина, А.М. Губайдуллина, Г.Г. Сучкова. // Почвоведение. – 2010. – № 10. – С. 51–66.
4. Кринари Г.А. Пробоотбор и пробоподготовка образцов почв к рентгенографическому фазовому анализу. Методическое пособие / Г.А. Кринари, А.А. Шинкарев, К.Г. Гиниятуллин, Л.В. Мельников. – Казань: Изд-во «Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина», 2007. – 30 с.
5. Шинкарев (мл) А.А. Диагностика органической составляющей в глинистых породах / А.А. Шинкарев (мл), Г.Г. Исламова, А.М. Губайдуллина, Т.З. Лыгина, К.Г. Гиниятуллин, А.А. Шинкарев, Г.А. Кринари // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 3. – С. 43–46.
6. Griffiths R. Sorption and desorption by ideal two-compartment systems: unusual behavior and data interpretation problems / R. Griffiths // Chemosphere. – 2004. V. 55. – P. 443–454.

7. *Mikutta R.* Review: organic matter removal from soils using hydrogen peroxide, sodium hypochlorite and disodium peroxodisulfate / R. Mikutta, M. Kleber, K. Kaiser, R. Jahn // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* – 2005. – V. 69. – P. 120–135.
8. *Minnich M.* Behavior and determination of volatile organic compounds in soil: A literature review / M. Minnich // U.S. Environmental Protection Agency Issue, May 1993. EPA 600/R-93/140. Las Vegas, Nevada, 1993. – 118 p.
9. *Totsche K.U.* Physikochemische Aspekte des Stofftransports in Böden / K.U. Totsche // *Handbuch der Bodenkunde. 19. Ergänzungslieferung 10/04.* – München: Kessler Verlagsdruckerei, 2005. – P. 43–61.
10. *Wu Ch.-H.* Determination of volatile organic compounds in workplace air by multisorbent adsorption/thermal desorption-GC/MS / Ch.-H. Wu, Ch.-T. Feng, Y.-Sh. Lo, T.-Y. Lin, J.-G. Lo // *Chemosphere.* – 2004. – V. 56. – P. 71–80.
11. *Xing B.* Organic chemicals / B. Xing, J.J. Pignatello // *Encyclopedia of soils in the environment. V. 3.* – N.-Y.: Academic Press, 2004. – P. 537–548.

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

УДК 631.417:552

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ДИАГНОСТИКА СМЕКТИТОВ В ПОЧВАХ ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Н.П. Еремеева¹, Г.Г. Исламова², А.А. Шинкарев (мл)²

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, eremeeva9292@mail.ru

²ФГУП «ЦНИИГеолнеруд», Казань, 7igg@mail.ru, alex.shinkarev@gmail.com

После попытки количественного определения смектитов рентгенографическим методом, использование термогравиметрического метода стало необходимым, принимая во внимание способность смектитов адсорбировать органическое вещество. Термогравиметрический метод состоит в измерении потери массы между 100 и 450 °С образцов, насыщенных этиленгликолем и ранее насыщенных Mg. Поэтому термическое поведение большинства смектитов играет важную роль в их количественном определении.

Ни один из используемых в настоящее время методов оценки содержания смектитовой компоненты в глинистых минералах не свободен от ограничений. Обычной практикой диагностики глинистых минералов в почвах является количественная оценка относительного содержания смектитовой компоненты на основе рентгенографического фазового анализа по базальным отражениям от ориентированных препаратов до и после соответствующих специальных обработок. При этом принято абстрагироваться от возможности изменения дифракционных картин в малоугловой области спектра за счет связывания органических компонентов на поверхности глинистых частиц и в лабильных межслоевых промежутках в форме устойчивой к обработке H₂O₂. В этой ситуации появляется строгая необходимость количественной диагностики смектитовых минералов независимыми методами.

Проведена проверка возможностей термогравиметрического метода определения концентрации лабильных межслоевых промежутков в образцах глинистых пород и почв, позволяющего проводить аппроксимацию содержания смектитов по измерению потери массы между 100 и 450 °С образцов насыщенных этиленгликолем и предварительно насыщенных Mg [1].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 11-04-00522)

© Н.П. Еремеева, Г.Г. Исламова, А.А. Шинкарев (мл), 2012

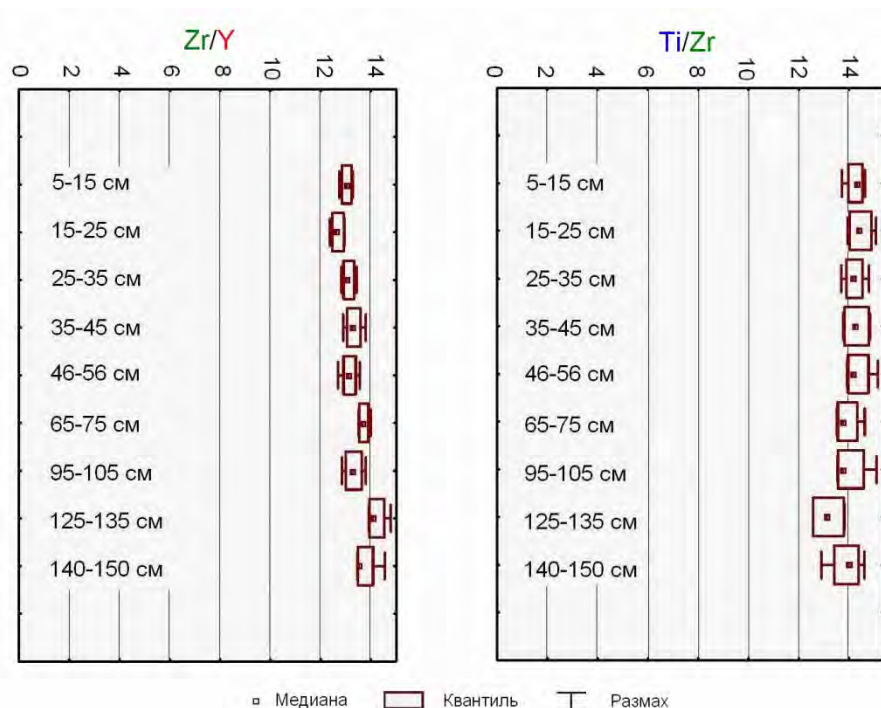


Рисунок 1. Диаграммы размаха отношений Ti/Zr, Zr/Y в профилях выщелоченного чернозема.

Для того, чтобы интерпретация результатов не была произвольной необходимо доказать литологическую однородность профиля. Zr, Ti, Y были использованы в качестве индексов устойчивых к выветриванию минералов. Анализ диаграмм размаха отношений индексных элементов показывает однородность или неоднородность профиля. В данном случае отсутствие сильных изменений значений медиан по профилю чернозема выщелоченного может расцениваться как отсутствие литологической неоднородности (рис. 1).

Таким образом, в ходе экспериментов были исследованы исходно литологически однородные профили чернозема выщелоченного с четко показанной взаимосвязью между фиксацией органического вещества в устойчивую к окислительной деструкции форму и реальной структурой глинистой составляющей. В экспериментах использовали препараты фракции <2.5 мкм, выделенные методом отмучивания из суспензии после обработки образцов 1 моль/л CH_3COOH , отмывки их дистиллированной водой с последующей многократной обработкой H_2O_2 (30 %) при комнатной температуре. Препараты были дважды насыщены Mg в 1 моль/л MgCl_2 (1:20), отмыты 0.1 моль/л и 0.01 моль/л MgCl_2 , шесть раз дистиллированной водой (1:20), высушены над P_2O_5 и гомогенизированы. Перед анализом препараты насыщали этиленгликолем из паровой фазы в течение 3 суток при 60 °С. Исследование термического поведения в динамических неизотермических условиях проводилось на синхронном термоанализаторе STA 409 PCLuxx производства Netzsch,. Образцы нагревались от комнатной температуры до 1000 °С со скоростью 10 К/мин в корундовых тиглях, закрытых проницаемыми крышками. Анализ проводился в атмосфере воздуха. Разрешение аналитических весов составляло 2 мкг, стабильность по температуре ± 0.03 К. Процентное содержание смектитовой компоненты (y) рассчитывали по уравнению [1]:

$$y = (x - 1.01) / 0.25,$$

где x – потеря массы в температурном интервале 100–450 °С.

Показана полная однотипность термического поведения образцов фракции <2.5 мкм в области между 100 и 450 °С после насыщения этиленгликолем. На кривых ДТГ образцов насыщенных этиленгликолем четко проявлялась потеря массы в области между 120 и 220 °С с максимумом при 170 °С, который сопровождался сильным эндотермическим эффектом (рис. 2). Условная величина содержания смектитов по профилям не меняется,

показывая полную противоположность поведению рентгеновских спектров от ориентированных препаратов в малоугловой области. Коэффициент вариации для содержания смектитовой компоненты в илистой фракции каждого конкретного профиля ни в одном случае не превышал 3 %.

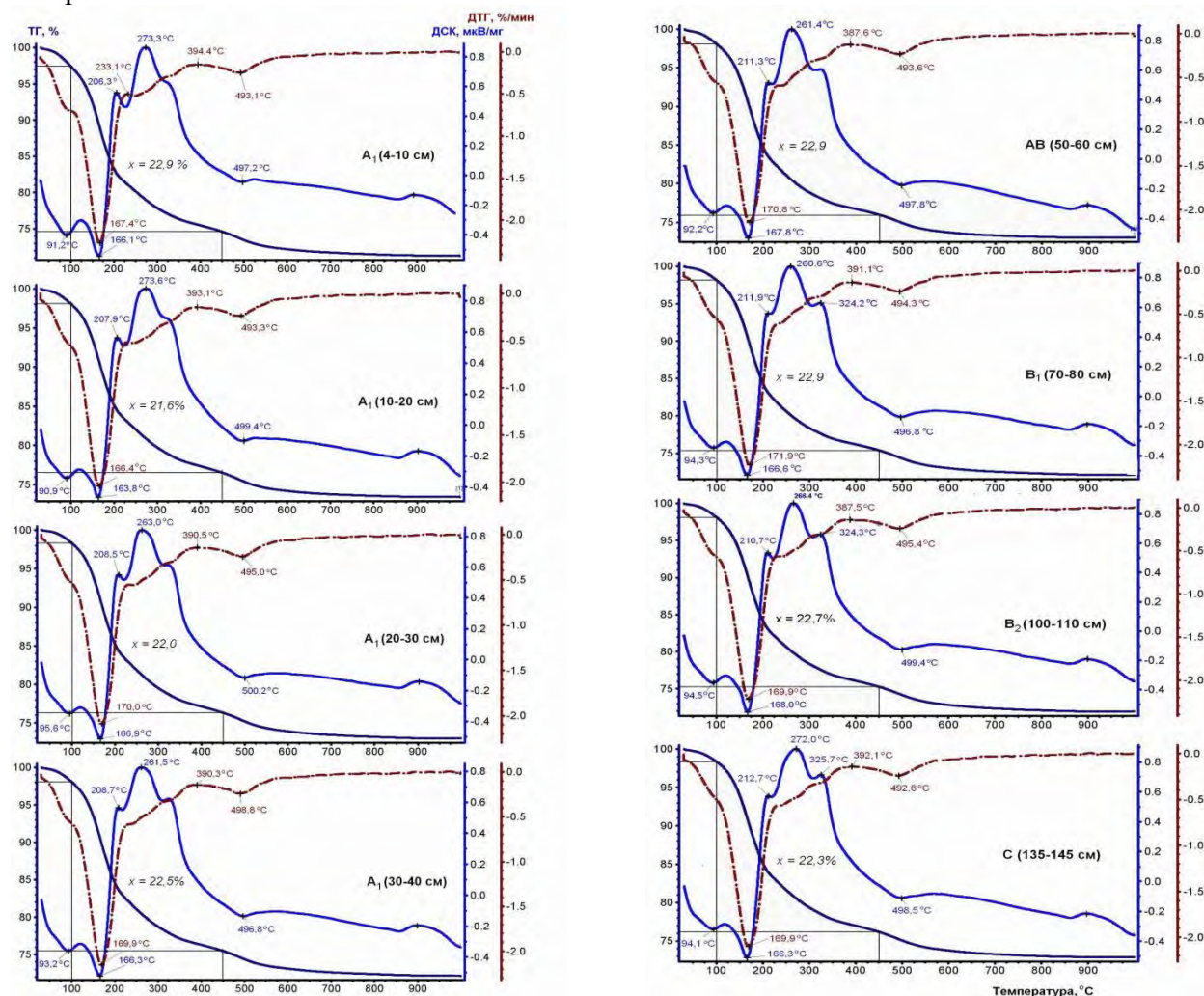


Рисунок 2. Кривые ТГ, ДТГ и ДСК фракции <2.5 мкм, переведенной в Mg²⁺-форму, образцов выщелоченного чернозема после насыщения этиленгликолем. Анализ в атмосфере воздуха.

Таким образом, исследование термического поведения образцов после насыщения этиленгликолем может быть полезным инструментом, способствующим корректной интерпретации данных рентгенографического фазового анализа при исследовании сложных природных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nieto F., Abad I., Azañón J.M. Smectite quantification in sediments and soils by thermogravimetric analyses // Appl. Clay Sci. – 2008. – V. 38. – P. 288–296.

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

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ИНТРОДУЦЕНТОВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ В ПОЧВЕ И НА СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОРНЕОБИТАЕМОМ СЛОЕ

Т.Н. Железнова

Санкт-Петербургский Государственный Университет, gruppa15@mail.ru

Работа посвящена изучению влияния на почву Ботанического Сада Института им. В.Л. Комарова многолетних интродуцентов: астры, астильбы, очитка и хосты. Цель исследования – определить влияние многолетних интродуцентов на содержание элементов питания в почве Ботанического сада и ее биологическую активность.

ВВЕДЕНИЕ

Наряду с физико-географическими методами анализа территории все большее значение имеет архитектурно-ландшафтная оценка. Она должна учитывать не только утилитарные аспекты городского ландшафта, но и его эстетическое и художественное оформление.

Процессы, протекающие в условиях городской среды, взаимосвязи природных комплексов на территории города с его отдельными образованиями влияют на решение функционально-планировочных задач территории садов, парков и цветников и в целом на размещение их в плане города [1].

Конструирование городских ландшафтов, кроме экологических и технических трудностей сопряжено с отсутствием исчерпывающих и систематизированных знаний о функционировании их живых компонентов. Это, в свою очередь, не позволяет разработать и адаптировать саморегулируемую модель сбалансированных и стабильных ландшафтов. Часть общественных интересов в улучшении среды обитания многих городов, промышленных центров, заключаются в удовлетворении эстетических потребностей, поэтому все чаще используются на практике посадка декоративно-цветущих и декоративно-лиственных интродуцентов. Основной путь биоосвоения нарушенных земель состоит в таком изменении устройства и механизма самоорганизации верхнего слоя почвы, при котором заново создаются или коренным образом трансформируются его эдафические свойства и состав. Однако, на каждом конкретном участке единый подход улучшения ризосферного слоя должен решаться индивидуально в согласии с его многочисленными свойствами. Главный блок модели экотопа должен охватывать показатели биопригодности и эдафические качества почв, которые во многом определяются их строением, сложением, резервом и доступностью биофильных элементов питания, физико-химическими и водно-физическими свойствами [2].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Интродуценты – это растения, выращенные в почве за пределами ареала их природного распространения. Неприхотливые многолетние растения способные быстрее адаптироваться к нарушенным почвенным условиям по сравнению с однолетними растениями. Это происходит из-за более развитой корневой системы, которая глубже проникает в почву, чтобы получить доступ к воде и питательным веществам и более раннему появлению весной [3]. В связи с этим, исследования проводились с многолетними интродуцентами, такими как астильба (*Astilbe japonica*), хоста (*Hosta crispula* F. *Maekawa*), очитник (*Hylotelephium triphyllum*), астра (*Aster novo-belgii*). Их воздействие на почву осуществлялось в течение 20 лет.

В задачу исследования входило: установить действие корневых систем многолетних декоративных растений на биологическую активность почвы, определить влияние раз-

личных интродуцентов на изменение содержания питательных элементов в корнеобитаемом слое почвы, а также выявить специфику элементного состава растений.

Астильба. Род объединяет свыше 30 видов, дикорастущие виды астильб распространены в Восточной Азии, на Филиппинах, Яве, Новой Гвинее и в юго-восточной части США. В природе астильбы встречаются главным образом в горах до высоты 4800 м, по берегам ручьев, в долинах рек, на бедных известью влажных минеральных почвах в районах с высокой влажностью воздуха. В районах естественного произрастания много осадков и почва обильно обеспечивается влагой. Обычно реакция таких почв постепенно становится кислой. По наблюдениям, астильбы в культуре хорошо растут и развиваются на суглинистых почвах со слабокислой реакцией (pH_{сол} 5.5–6.5). Несмотря на то, что в настоящее время выращиваются главным образом сорта астильб, выведенные путем селекции, растения предъявляют такие же требования к условиям внешней среды, как и исходные дикорастущие формы. Для астильб нужно обеспечить равномерный режим влажности по всей глубине пахотного слоя, особенно в поверхностной части, так как действующая корневая система растений состоит из придаточных корней, находящихся у основания почек возобновления и расположенных в верхнем слое почвы. Астильбы предпочитают глубоко взрыхленные, богатые перегноем суглинистые или торфяные почвы, на участках со сравнительно высоким уровнем грунтовых вод, обеспечивающим растениям равномерное поступление влаги в течение всего вегетационного периода. Большинство сортов может переносить даже застой воды. Астильбы устойчивы к болезням и вредителям.

Астильба японская – единственный вид, который легко отличить от других благодаря характерным листочкам с клиновидным основанием и заостренной верхушкой. Астильбы хорошо переносят холодные зимы под слоем снега. Наиболее эффектны астильбы во время цветения. Сроки цветения различных сортов астильбы – с конца июня до сентября [4].

Хосты распространены на Дальнем Востоке и в странах Восточной Азии. Они являются долгожителями среди многолетников. Одной из причин широкого распространения хост является их неприхотливость. В природе хосты селятся по опушкам леса и на открытых полянах в лесистых местностях, но множество их разновидностей постепенно приспособилось к жизни в самых разных условиях и среде обитания. Большинство сортов и разновидностей толерантно и в отношении почв, на которые их сажают; лучше, если почва плодородна, в меру увлажнена, но вместе с тем дренирована, в ней не застаивается вода и она имеет слабокислую или нейтральную реакцию. Хосты хорошо растут и развиваются на рыхлых суглинистых почвах. Взрослые кусты хост образуют заросли, в которых трудно пробиться сорнякам. Важно и то, что некоторые виды и сорта хорошо растут не только на затененных участках, но и на солнечных, что существенно расширяет возможности использования их в ландшафтном дизайне [5].

Астра новобельгийская. Родина – восточные районы Северной Америки. В культуре с 1686 года. Растет повсеместно до таежной зоны. Этот вид при хороших почвенных условиях цветет обильно и продолжительно с сентября по ноябрь. Растения морозостойки.

Очитник. Широко распространен в европейской части России, в северных районах Восточной Европы. В природе встречается на песчаных почвах, в сосновых лесах и среди кустарников. Неприхотливое растение, быстро размножается в культуре. Этот высокий очитник прекрасно растет и в умеренной полосе Европейской части России, и в ее южных районах. Хорошо и быстро размножается семенами и делением дочерних отростков крупной розетки [6].

Для определения нитратного азота в почве использовался дисульфобензидиновый метод, определение нитрит-аниона проводилось с помощью реактива Грисса, для поглощенного (обменного) аммонийного азота использовался фотоэлектроколориметрический метод, подвижный фосфор определялся по методу Кирсанова, калий – на пламенном фотометре, гидролитическая кислотность – по Каппену, общий углерод – по Тюрину.

В растениях определение содержания фосфора проводилось колориметрическим методом, кальция и магния – трилонометрическим методом, общего содержания азота – в растворе после мокрого озоления с салицилсерной и хлорной кислотами, общее содержание углерода – методами В.П. Цыпленкова, Л.Е. Мориной, Тюрина, калий – пламенно-фотометрическим, серу – весовым. При определении биологической активности использовался метод газовой хроматографии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Полученные результаты показали, что многолетние интродуценты способны расти и нормально развиваться на почве с небольшим содержанием нитратов (14–16 мг/кг) и с большим количеством нитритов (0.7–2.0 мг/кг). Исследования биологической активности почвы под растениями показали, что наибольшая интенсивность окислительных процессов наблюдалась при выращивании астры и астильбы. В ризосфере хосты, напротив, замечено наименьшее продуцирование углекислого газа по сравнению с другими культурами при определении его газохроматографическим методом. Таким образом, установлено негативное влияние нитритов на биологическую активность почвы в ризосфере хосты. Значения водного pH у всех культур отличаются друг от друга на 0.1–0.7 единиц, что можно объяснить разным выделением корневыми системами органических кислот. Наибольшая интенсивность поглощения минерального азота из почвы отмечена у астры, очитника и астильбы. Хосты потребляли, напротив, нитратов намного меньше, по сравнению с другими культурами, вследствие этого содержание их в почве повышалось, в связи с тем, что нитрифицирующая способность почвы оказалась интенсивнее, чем потребление нитратов корневыми системами. Большое количество нитритов в почве отмечено также и в ризосфере очитника. В меньшей степени на содержание нитрит-аниона влияли астра и астильба. Потребление аммиачного азота из почвы всеми интродуцентами происходило в равной степени, растения потребляли, в основном, нитратный азот. Содержание доступного фосфора в корнеобитаемой среде астры, астильбы было выше по сравнению с другими интродуцентами, что говорит о мобилизации этого элемента органическими кислотами, выделяемыми корневыми системами. В корнеобитаемой среде очитника и хосты уменьшилось содержание доступного фосфора. По-видимому, их корневые выделения имеют как меньший спектр кислых продуктов, так и меньшую силу действия. Возможно, корневые выделения были представлены слабыми органическими кислотами (яблочной, пировиноградной, а не уксусной, щавелевой). Содержание доступного калия наблюдалось наиболее интенсивно в корнеобитаемом слое хосты и астильбы.

Гумусированность почвы составила 8–10 %, по-видимому, с этим связаны высокие показатели гидролитической кислотности (15–20 мэкв/100 г).

Спецификой всех интродуцентов являлось повышенное содержание в них азота, кальция и магния по сравнению с другими (сельскохозяйственными) культурами. Следует выделить очитник, который накапливал меньшее количество азота и фосфора по сравнению с другими экзотами. Наиболее требовательными к пищевому режиму оказались астра и астильба. Процентное содержание в сухом веществе астры углерода, азота, фосфора было больше по сравнению с другими интродуцентами. Однако содержание кальция и серы было заметно меньше. В астильбе наблюдалось среднее содержание всех элементов минерального питания, за исключением повышенного количества серы.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в ризосфере астры и астильбы была наибольшая биологическая активность почвы, мобилизация фосфора из труднодоступных соединений, наименьшее количество нитритов в корнеобитаемой среде по сравнению с другими интродуцентами.

2. В ризосфере хосты и очитника установлены наименьшая биологическая активность почвы, наибольшее количество нитритов в корнеобитаемой среде, небольшое количество питательных элементов по сравнению с другими интродуцентами.

3. Впервые показано, что все интродуценты отличались повышенной концентрацией азота, фосфора и калия по сравнению с зерновыми злаковыми культурами. Наибольшая концентрация этих элементов отмечена у астры и астильбы, наименьшая – у хосты и очитника.

4. При формировании элементов ландшафтного дизайна астру и астильбу можно рекомендовать для высаживания с различными другими растениями, а очитник и хосту можно предлагать с осторожностью и выращивать для формирования цветников, высаживая отдельными группами.

Таким образом, использование выносливых, зимостойких, не требующих особого ухода декоративно-цветущих и декоративно-лиственных многолетних растений в ландшафтном дизайне является экономически выгоднее по сравнению с выращиванием однолетних прихотливых и неприспособленных к условиям Северо-Западного региона интродуцентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ландшафтная архитектура: Специализированные объекты: учеб. пособие для вузов* / О.Б. Сокольская, Теодоронский В.С., Вергунов А.П. М.: Академия, 2007. 224 с., С. 11.
2. *Решетов Н.Г., Дудкин Ю.И. Моделирование техногенных ландшафтов* // Вестник ВГУ. Серия «География и геоэкология». – Воронеж: Издательство ВГУ, 2000. № 1. С. 91.
3. *Крестникова А.Д. Декоративные многолетники*. М.: Россельхозиздат, 1987. 62 с.
4. *Иевиня С.О., Лусиня М.А. Астильбы. Интродукция в Латвийской ССР*. Рига: «Зинатне», 1975. 120 с.
5. *Кузнецова Н.В. Хосты в дизайне вашего сада*. М.: «Олма Медиа Групп», 2011. 160 с.
6. *Интернет-сайт «Энциклопедия декоративных садовых растений» (ЭДСР):* <http://flower.onego.ru>

Работа рекомендуется доцентом, к.б.н. Т.А. Банкиной

УДК 631.46

ВЕРТИКАЛЬНО-ЯРУСНАЯ СТРУКТУРА ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЛЕСНОГО БИОГЕОЦЕНОЗА

А.Д. Железова, Т.И. Чернов

МГУ им.М.В.Ломоносова, г. Москва

Было проведено исследование вертикально-ярусной структуры гидролитических (хитино- и пектинолитических) микробных комплексов с применением методов люминесцентной микроскопии и FISH (fluorescent in situ hybridization). Был оценен вклад различных групп микроорганизмов в деструкцию хитина и пектина, а также проведена сравнительная оценка прокариотных микробных сообществ разных ярусов.

ВВЕДЕНИЕ

При характеристике вертикальной дифференциации микробных сообществ в лесных биогеоценозах, как правило, выделяют три вертикальных яруса, существенно отличающихся по составу и структуре микробных сообществ: надземный (филлосфера), наземный (подстилка) и почвенный ярусы. Эти три яруса связаны единым потоком органического вещества и являются, по сути, разделенными в пространстве стадиями сукцессии по разложению органических остатков (Звягинцев и др., 1999). Изучение различий в структуре гидролитических микробных комплексов этих вертикальных ярусов поможет составить

более полное представление о ступенчатом разрушении органических веществ в лесных биогеоценозах и оценить роль различных групп микроорганизмов на разных стадиях этого процесса.

В данной работе анализировались хитино- и пектинолитические комплексы вертикальных ярусов. Хитин и пектин – широко распространенные в природе полисахариды, находящие все большее практическое применение в разных областях человеческой деятельности, и исследование микроорганизмов, осуществляющих их трансформацию в естественных условиях является весьма актуальным.

Целью работы было исследование структуры, определение метаболической активности и филогенетической принадлежности гидролитических микробных комплексов вертикальных ярусов лесного биогеоценоза. В задачи исследования входила сравнительная оценка биомассы грибов, актиномицетов и одноклеточных бактерий в контрольных образцах и при внесении полисахаридов (хитина или пектина), определение филогенетического разнообразия физиологически активного прокариотного сообщества исследуемых ярусов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования явились образцы, представляющие собой наземный, наземный и почвенный ярусы, отобранные в Московской области, УО ПЭЦ «Чашниково» – зеленая хвоя ели (*Picea abies*), наземный – смешанный образец еловой подстилки, включающий ярусы L и F, почвенный – верхний гумусовый горизонт дерново-подзолистой почвы.

Микробная сукцессия в образцах инициировалась увлажнением (1.5 мл воды) и внесением 10 мг пектина/хитина на 1 г образца. В эксперименте использовали коммерческие препараты очищенного яблочного пектина и очищенного хитина из покровов краба фирмы Sigma-Aldrich.

Инициированной микробной сукцессией называют сукцессию, проходящую после увлажнения сухого образца, внесения в него определенного органического вещества и инкубации при заданных условиях – температуре (27 °C) и влажности в течение продолжительного времени.

В качестве показателей микробного разложения полисахаридов в образцах использовали следующие параметры: отклик на внесение полисахарида разных групп микроорганизмов, оценка разнообразия и численности метаболически активных клеток прокариот.

Определение численности бактерий, длины мицелия актиномицетов и грибов в почве осуществляли с помощью люминесцентно-микроскопического метода.

Почвенную суспензию (1:100) обрабатывали на ультразвуковой установке УЗДН-1 (2 мин, сила тока 0.40 А, частота 22 кГц). Суспензию наносили микропипеткой на тщательно обезжиренное предметное стекло (0.01 мл для определения бактерий, 0.02 мл для грибов) и равномерно распределяли петлей на площади 4 см² (квадрат 2х2 см). Препараты высушивали на воздухе при комнатной температуре. Затем после фиксации легким нагреванием на пламени газовой горелки окрашивают препараты водным раствором акридина оранжевого (разведение 1:10000; 2–4 мин) – для окрашивания бактерий и раствором калькофлуора белого (разведение 1:10000; 15 мин) для грибов. Избыток флуорохрома удаляли в процессе промывки, для чего стекла погружали на 5 мин в стакан или кювету с дистиллированной водой. Окрашенные препараты высушивали при комнатной температуре. Для микроскопии на препарат наносили каплю воды и покрывали обезжиренным покровным стеклом. Правильно приготовленный препарат не содержит пузырьков воздуха. Лишнюю воду удаляли фильтровальной бумагой. Препараты просматривали на люминесцентном микроскопе ZEISS Mikroskop Axioskop 2 plus (Германия) (светофильтр Filter set 09).

Количество микробных клеток, содержащихся в 1 г почвы, вычисляли по формуле:

$$N = S_1 a n / v S_2 c, (1)$$

где N – число клеток (длина мицелия, мкм) на 1 г почвы; S_1 – площадь препарата (мкм^2); a – количество клеток (длина мицелия, мкм) в одном поле зрения (усреднение производилось по всем препаратам); n – показатель разведения почвенной суспензии (мл); v – объем капли, наносимой на стекло (мл); S_2 – площадь полей зрения микроскопа (мкм^2); c – навеска почвы (г).

Удельную массу микроорганизмов принимали равной 1 г/см^3 , а содержание воды в клетках – 80 %. Показатели сухой биомассы для одной бактериальной клетки объемом $0.1 \text{ мкм}^3 - 2 \cdot 10^{-14} \text{ г}$, для 1 м мицелия актиномицетов диаметром $0.5 \text{ мкм} - 3.9 \cdot 10^{-8} \text{ г}$. Показатели сухой биомассы 1 м грибного мицелия с условным диаметром $5 \text{ мкм} - 3.9 \cdot 10^{-6} \text{ г}$. С учетом замеренного диаметра мицелия грибов биомассу вычисляли по формуле – $0.628 r^2 \cdot 10^{-6} \text{ г}$ (Полянская Л.М., 1996).

Разнообразие и численность метаболически активных представителей отдельных филогенетических групп прокариотных микроорганизмов в образцах исследовали с помощью метода *in situ*-гибридизации с рРНК-специфичными флуоресцентно-мечеными олигонуклеотидными зондами (FISH – fluorescent *in situ* hybridization). В работе был применен набор из 10 группо-специфичных олигонуклеотидных зондов, наиболее широко применяемых в практике современных молекулярно-экологических исследований (Amann et al., 1995). Предполагаемый спектр детекции этих зондов охватывает представителей нескольких филогенетических ветвей домена Bacteria, а именно, Proteobacteria, Bacteroidetes (Cytophaga/Flavobacterium), Actinobacteria, Firmicutes, Acidobacteria, Verrucomicrobial, Planctomycetes. Примененные в настоящей работе зонды охватывали четыре из пяти известных классов ветви Proteobacteria – Alpha-, Beta-, Gamma и Deltaproteobacteria. Использование метода FISH позволило учесть живые, метаболически активные клетки в образцах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Оценку биомассы микроорганизмов проводили с помощью метода люминесцентной микроскопии, учитывалась биомасса одноклеточных бактерий, актиномицетов и мицелиальных грибов (рис. 1). В контрольном варианте наибольшая суммарная биомасса наблюдалась в почвенном ярусе и составляла около 0.4 мг/г . Как и следовало ожидать, биомасса грибного мицелия составляла до 90 % от общей биомассы и варьировала в пределах десятых долей мг/г . При внесении полисахаридов практически во всех образцах отмечалось возрастание биомассы микроорганизмов, причем на внесение хитина больший отклик давала биомасса прокариот (актиномицетов и одноклеточных бактерий), а на внесение пектина – грибная биомасса. В целом, реакция на внесение пектина была больше в подстилке, а на внесение хитина – в верхнем горизонте почвы. Так как пектин – более легкодоступный полимер, это соответствует общим представлениям о последовательном потреблении микроорганизмами органических остатков по степени их доступности.

Был рассчитан отклик биомассы – отношение биомассы микроорганизмов в опытных образцах (с внесением полисахаридов) к контрольным (рис. 2). Если в подстилке и почве наибольшим откликом характеризовались мицелиальные организмы (грибы и актиномицеты), то в филлосфере наибольший отклик принадлежал биомассе одноклеточных бактерий. В филлосфере, где затруднено развитие мицелиальных организмов, большая роль, по всей видимости, принадлежит одноклеточным микробам. Наибольший отклик среди всех образцов принадлежал биомассе актиномицетов, которые, хоть и демонстрировали небольшие значения биомассы, отвечали многократным ее увеличением при внесении полисахаридов, что, очевидно, говорит об их высокой гидролитической активности.

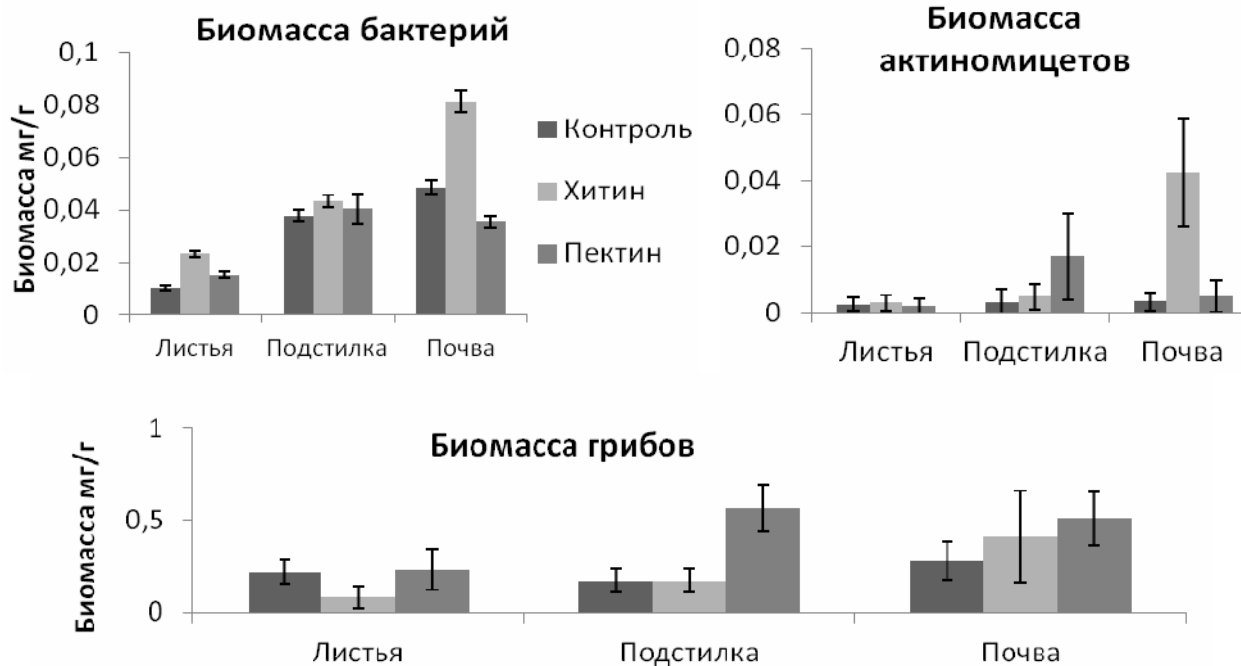


Рисунок 1. Оценка биомассы микроорганизмов.

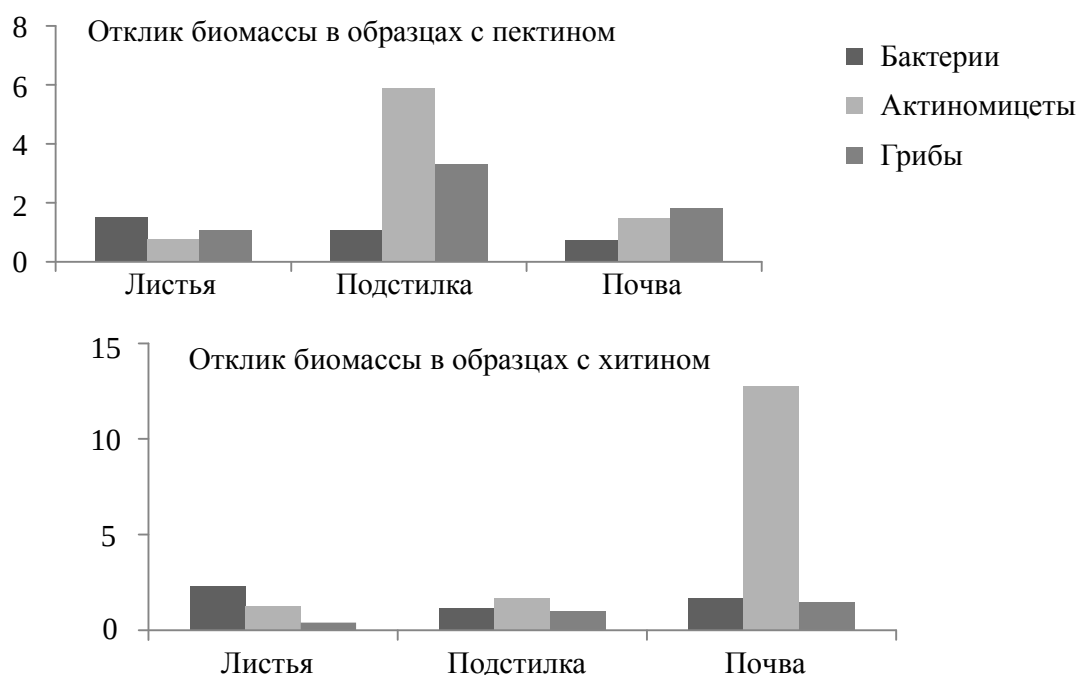


Рисунок 2. Отношение биомассы микроорганизмов в опытных образцах (с внесением полисахаридов) к контрольным.

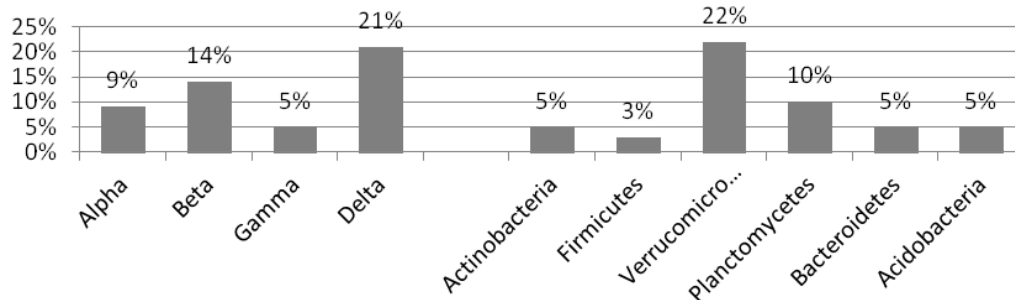
В связи с тем, что наибольший вклад в гидролитическую активность вносили прокариотические микроорганизмы, были рассмотрены прокариотные комплексы разных ярусов (рис. 3). Была проведена оценка филогенетической структуры гидролитических физиологически активных прокариотных сообществ образцов листьев, подстилки и почвы по методу FISH.

Общая численность бактерий во всех исследуемых образцах варьировала в пределах 10^8 – 10^9 кл/г. В образцах подстилочного яруса с внесением полисахарида выявлялось до $8 \cdot 10^9$ кл/г, по сравнению с контрольным образцом ($2,7 \cdot 10^9$ кл/г). В образцах почвенного и наземного яруса с внесением полисахарида общая численность бактерий была не столь велика по сравнению с общей численностью в контрольных образцах.

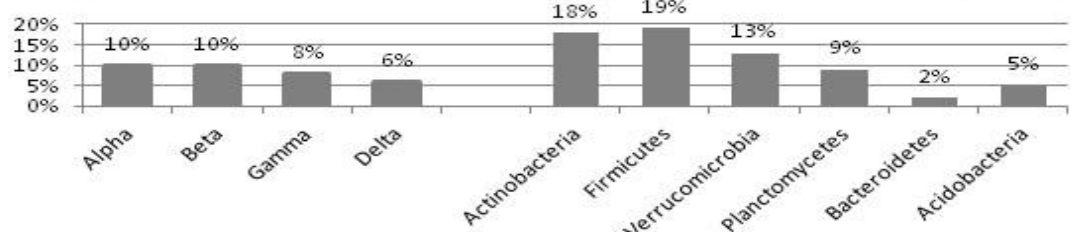
Наблюдается постепенное уменьшение численности представителей филума Proteobacteria от филлосферы к подстилке. Доли представителей филумов Actinobacteria и Firmicutes, напротив, достигали максимума в подстилочном ярусе, а в пектинолитических сообществах филлосферы варьировали в пределах 5–15 %. Кроме того, в образцах листьев и подстилки большой вес имели представители филума Verrucomicrobia (около 20 %).

Наблюдаемые различия в комплексах физиологически активных клеток прокариот вертикальных ярусов соответствуют общим представлениям о смене сообществ по мере разложения растительных остатков – постепенное снижение доли копиотрофов, представленных прежде всего протеобактериями, и возрастание доли фирмикут и актинобактерий, для представителей которых характерна гидролитическая активность.

Филогенетическое разнообразие микробного комплекса наземного яруса (филлосферы)



Филогенетическое разнообразие микробного комплекса наземного яруса (подстилка)



Филогенетическое разнообразие микробного комплекса почвенного яруса

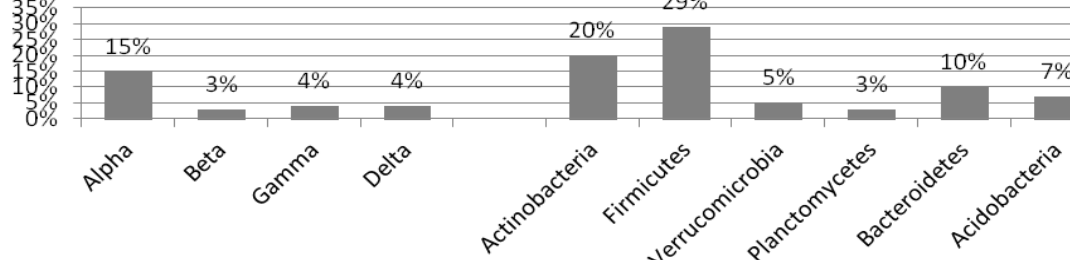


Рисунок 3. Прокариотные комплексы разных ярусов.

ВЫВОДЫ

Наибольший отклик биомассы в образцах почвы и подстилки на внесение хитина наблюдался у прокариот (актиномицетов и одноклеточных бактерий), при внесении пектина возрастала биомасса мицелиальных грибов. В образцах филлосферы, при внесении как пектина, так и хитина, наибольшим откликом характеризовалась биомасса одноклеточных бактерий. Это связано с затруднением развития мицелиальных организмов в филлосфере.

Впервые методом FISH выявлены доминанты среди бактерий по вертикально-ярусному ряду (филлосфера-подстилка-почва). Выявлен филогенетический состав метаболически активного комплекса филлосферы, подстилки и верхнего горизонта дерново-подзолистой почвы. Установлено, что в каждом ярусе формируется специфический прокариотный комплекс. Деструкция биополимеров в наземном ярусе осуществляется, главным образом, группой протеобактерий. В почвенном микробном комплексе уменьшается доля протеобактерий и увеличиваются доли фирмикут и актинобактерий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Amann R.I., Ludwig W., Schleifer K.-H.* Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation // *Microbiol. Rev.* 1995. V. 59. P. 143–169.
2. *Звягинцев Д.Г., Добровольская Т.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М., Лысак Л.В., Полянская Л.М., Чернов И.Ю.* «Структурно-функциональная организация микробных сообществ.» // в кн. «Экология в России на рубеже 21 века».- М.: Изд-во Научный мир, 1999. С.147–180.
3. *Полянская Л.М.* Микробная сукцессия в почве. Автореф. Дисс. докт. Биол. Наук. М.: МГУ, 1996. 96 с.

Работа рекомендована к.б.н., доцентом ф-та почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова Н.А. Манучаровой.

УДК 631.618

ПОВЕДЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ РЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГМК ПЕЧЕНГАНИКЕЛЬ

А.И. Захаренко

МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра общего почвоведения

В работе рассматривается поведение тяжелых металлов в связи с ремедиацией почв вокруг медно-никелевого комбината на Кольском полуострове. Сравниваются содержание металлов в различных вытяжках и основные почвенные свойства, определяющие их подвижность и биологическую доступность, на ремедиационных и контрольных участках. В результате ремедиации повысились содержание кальция и pH, что дает начало тенденции к снижению содержания доступных и потенциально доступных для растений никеля и меди. В связи с этим следует рекомендовать повторное известкование и внесение сорбентов.

ВВЕДЕНИЕ

Огромная территория (11200 км²) вблизи ГМК «Печенганикель» подвержена загрязнению, причем 10 % этой площади характеризуются очень высокими уровнями техногенных аэральных выпадений (94.3 и 87.3 кг/км² для Ni и Cu соответственно). Длительность этого воздействия стало причиной почти полного разрушения экосистем и образования техногенных пустошей [2]. При повышенной техногенной нагрузке на окружающую среду требуются детальные исследования поведения загрязняющих веществ, в частности тяжелых металлов. Такие работы были не раз проведены [5], однако, в большинстве случаев, рассматривалась лишь сторона, связанная с разрушением экосистем. Однако в связи с уменьшением выбросов появляется тенденция к самовосстановлению сообществ в буферных зонах [6] а также ведутся работы по восстановлению почв непосредственно в импактной зоне [3, 4]. Методы ремедиации можно разделить на две принципиально разные группы: 1) замена или перекрытие загрязненных слоев почв вновь созданным слоем с планировкой местности и 2) фиторемедиация, а точнее хемо-фитостабилизация (посев трав и высадку деревьев с внесением мелиорантов и удобрений) [8]. Как показал опыт предыдущих исследователей наиболее адекватно использование именно фиторемедиации, поскольку она исключает дорогостоящие и небезопасные мероприятия по выемке и транспортировке поверхностных слоев почв, однако, дает основу для формирования устойчивых к техногенному загрязнению сообществ [4].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Изучение поведения и связывания тяжелых металлов проводили на участках ремедиации вблизи ГМК «Печенганикель» (Кольский полуостров, пос. Никель). Мероприятия

по ремедиации включали известкование (доломитовая мука 2 т/га), высадки деревьев и кустарников (преимущественно ив – *Salix* sp.) и посева трав (преимущественно злаков). Исследовали 3 различных по удаленности участка, каждый состоял из двух площадок (20х20 м): площадка после мероприятий по ремедиации (НР) и площадка техногенной пустоши, полностью их лишенная (НП). Вблизи каждого участка был заложен почвенный разрез. Исследуемые почвы диагностировались как альфегумусовые абраземы и содержали в себе следующие горизонты: RY(RY/E) – BHF(BF) – BC. Образцы отбирали с каждой площадки по сетке в 4-кратной повторности и из почвенного разреза. В каждом образце измеряли pH водной суспензии и солевой вытяжки, общее содержание углерода сухим сжиганием, Ni и Cu в ацетатно-аммонийной и кислотной (0.43 М HNO₃), Ca в ацетатно-аммонийной вытяжке и Al, Fe, Mn по Тамму. Содержание металлов определяли атомно-абсорбционным методом на приборе AAS 2380 Perkin-Elmer и при помощи масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP MS).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Значения pH находились в пределах от 4.0 до 4.7 единиц (рис. 1). На площадках ремедиации наблюдалось повышение значений pH как водной суспензии (в среднем на 0.5 единиц), так и солевой вытяжки (в среднем на 0.2 единицы). Это является прямым откликом на внесение извести. Особенно ярко выделяется значения pH в намытом горизонте: pH_{H₂O} – 5.5, pH_{KCl} – 5.1. Это объясняется переносом вносимой извести вместе с потоками воды и отложением на данном участке. Предположение подтверждают значения коэффициента корреляции pH и Ca: 0.8 для водной суспензии и 0.98 для солевой вытяжки.

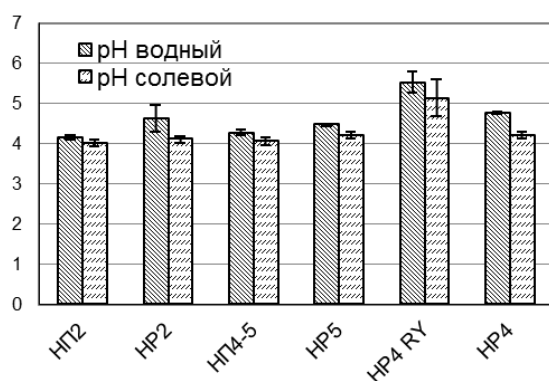


Рисунок 1. Значения pH.

Таблица 1. Корреляция pH и содержания Ni и Cu разных вытяжек

Элемент (вытяжка)	pH _{H₂O}	pH _{KCl}
Ni (AcNH ₄)	0.65	0.69
Cu (AcNH ₄)	0.55	0.67
Ni (HNO ₃)	0.60	0.65
Cu (HNO ₃)	0.64	0.75

Обнаружена общая для всех поверхностных горизонтов положительная корреляция (табл. 1) содержания тяжелых металлов и pH. То есть при повышении значений pH металлы теряют свою подвижность и остаются в данном горизонте. Значимого изменения pH в почвах с глубиной не происходит.

Содержание органического вещества в исследуемых почвах тесно связано с их местоположением в ландшафте. Это объясняется усиленной водной эрозией пустошей, и последующим перераспределением мигрирующих гумусовых кислот, неспецифического органического вещества и растительных остатков. В результате такого перераспределения в почвах двух участков ремедиации были обнаружены маломощные намытые горизонты RY_{aq} и RY_{e,aq} (рис. 2).

На площадке НП2 намытый слой не имел сплошного распространения и поэтому не анализировался, хотя был выделен при описании разреза. Статистически значимых отличий горизонтов BHF, BF и RY_{e,aq} по содержанию углерода не обнаружено (рис. 2), что не позволяет выявить какую-либо закономерность по распределению органического вещества на площадках. Также нет статистически значимых различий в содержании органического вещества на площадках ремедиации по сравнению с техногенными пустошами. Профильное распределение органического вещества мономодальное (рис. 3), с максиму-

мом в поверхностном горизонте. Это является следствием смыва поверхностных горизонтов подзолов, ранее располагавшихся на этой территории, приводящего к смене бимодального распределения на мономодальное.

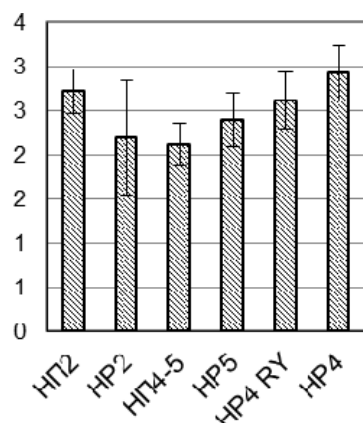


Рисунок 2. Содержание органического углерода, %

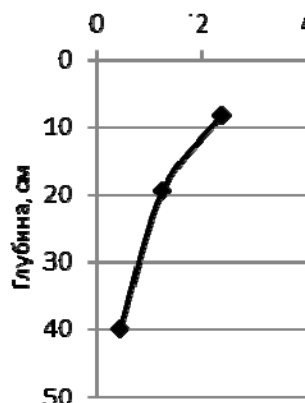


Рисунок 3. Профильное распределение углерода, НР4-5, %.

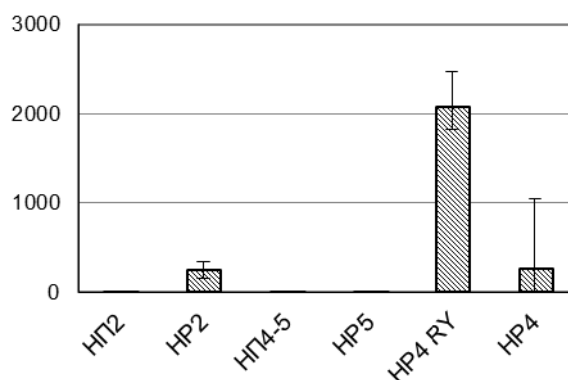


Рисунок 4. Содержание Ca (AcNH4), мг/кг.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции Ca и Ni, Cu.

Элемент (вытяжка)	Ca (AcNH ₄)
Ni (AcNH ₄)	0.83
Cu (AcNH ₄)	0.75
Ni (HNO ₃)	0.80
Cu (HNO ₃)	0.85

Максимум содержания кальция отчетливо выделяется в горизонте RY_{e,aq} на участке НР4 – 2 г/кг (рис. 4). Это кальций внесенной извести, который латерально мигрирует с вышележащих участков на выположенные элементы ландшафта и там осаждается. Помимо этого явного максимума повышенным содержанием кальция выделяется участок ремедиации НР2, что является прямым следствием внесения удобрений. Также была обнаружена тесная значимая связь содержания доступного кальция и содержания Ni и Cu в кислотной и ацетатно-аммонийной вытяжках (табл. 2). Это связано со способностью кальция содействовать уменьшению подвижности тяжелых металлов, как посредством увеличения pH, так и за счет коагулирующего действия на коллоиды, вследствие чего металлы теряют свою мобильность и закрепляются в данном горизонте [1].

Вытяжка Тамма экстрагирует аморфные и слабоокристаллизованные соединения железа и марганца. Хотя статистически значимых различий в содержании алюминия, железа и марганца на разных участках не выявлено (слишком велико варьирование значений), однако, определенные различия заметны. Участки, не подвергшиеся ремедиации, отличаются повышенным содержанием всех трех элементов: 110 г Al/кг, 6.7 г Fe/кг и 0.1 г Mn/кг, по сравнению со средним содержанием в поверхностном горизонте обработанных почв: 73 г/кг, 4 г/кг и 0.06 г/кг соответственно. Снижение содержания Al, Fe и Mn после ремедиации можно объяснить внесением извести – она влияет на устойчивость аморфных минералов и способствует их стабилизации и перекристаллизации. Также обнаружена корреляция содержания железа и алюминия ($r=0.66$). Эти данные являются следствием минералогического состава тонкой фракции. В первую очередь корреляция Al и Fe свиде-

тельствует о преобладании среди гидроксидов железа микрокристаллического гетита и ферригидрита, так как именно для этой пары минералов характерно замещение Fe на Al в кристаллической решетке в зоне подзолов. Тем более, в пользу этого выступает pH – замещение протекает наиболее быстро в кислых условиях среды [2]. Распределение всех трех элементов по профилю – мономодальное, с максимумом содержания в иллювиальном горизонте ВНФ.

Ацетатно-аммонийная вытяжка характеризует содержание специфически связанных, обменных и водорастворимых металлов в почве, и их принято считать доступными для растений. Именно на основе значений содержания металлов в этой вытяжке в России разработана и принята в использование система ПДК. ПДК для никеля составляет 4 мг/кг, для меди – 3 мг/кг. Из этого следует, что ПДК никеля в поверхностных горизонтах превышена в среднем в 10, меди – в 30 раз. Даже в горизонте С концентрации металлов в вытяжках превышали ПДК до 2.5 раз. Однако следует отметить проблематичность установления единых значений ПДК для почв независимо от их свойств, генезиса и условий почвообразования. Очевидно, что накопление металлов происходит в верхнем маломощном горизонте RYag (рис. 5), отличающемся слабокислой и близкой к нейтральной реакцией (pH 5.2–5.9) благодаря экстремально высокому содержанию кальция в связи с внесением извести. В нижележащем горизонте BF имеется сорбционная матрица достаточного объема для закрепления поступающего никеля, представленная более глубоко переработанным органическим веществом ($r_{Ni-C}^*=0.69$), аморфными (гидр)оксидами Fe ($r_{Ni-Fe}^*=0.81$), оксидами Mn ($r_{Ni-Mn}^*=0.79$). Статистически значимое снижение содержания доступного Ni в связи с ремедиацией обнаружено только в иллювиальном горизонте абраземов на площадке HP5 (5 мг/кг), характеризующихся повышенными значениями pH (4.4–4.5) и содержания доступного кальция (5–16 мг/кг) по сравнению с почвами пустоши (pH 4.2–4.3 и 1.4–1.5 мг Ca/кг). Максимум содержания меди в верхнем горизонте RYag на участке HP4 также хорошо выражен, его значение – 290 мг/кг. В отличие от никеля обнаружена корреляционная связь содержания доступной меди с кальцием ($r_{Cu-Ca}^*=0.91$) и pH_{KCl} ($r_{Cu-pH}^*=0.82$). Эта разница является, вероятно, следствием различий химической природы меди и никеля – никель является более подвижным металлом по сравнению с медью и в большей мере мигрирует с боковым стоком [7]. Как и для никеля имеет место связь с гипотетическими фазами-носителями, особенно органическим веществом, в горизонте BF: $r_{Cu-C}^*=0.90$, $r_{Cu-Fe}^*=0.60$, $r_{Cu-Mn}^*=0.69$. Содержание доступной меди в обработанных почвах немного уменьшается. Это также является следствием меньшей химической подвижности меди, а, значит, большей подверженности ее к разнообразным приемам ремедиации. Однако статистически значимого уменьшения содержания доступной меди в результате ремедиации не выявлено. Для никеля характерно более равномерное распределение, чем для меди. Медь же, закрепляясь в обменных позициях в горизонте BF, теряет способность к дальнейшей миграции.

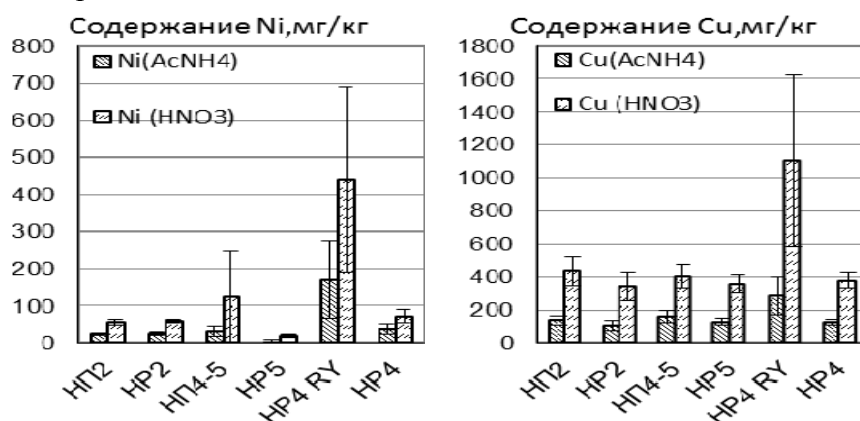


Рисунок 5. Содержание никеля и меди, мг/кг.

В кислотную вытяжку помимо обменных и специфически слабо сорбированных Ni и Cu вытесняются также и более прочно специфически сорбированные и соосажденные с полуторными оксидами металлы, т.е. их потенциально доступные соединения. Максимум накопления никеля и меди приходится на горизонт RY_e,aq (440 мг/кг для никеля и 1100 мг/кг для меди) участка НР4. Помимо этого максимума, для кислоторастворимых металлов наблюдается несколько иная по сравнению с извлекаемыми ацетатно-аммонийным буфером картина – обнаруживаются заметные, хотя и статистически незначимые, различия распределения никеля в почвах по площадкам ремедиации НР4 и НР5 (в среднем 120 мг/кг для пустоши, 20 мг/кг для площадки НР5, 73 для площадки НР4, гор ВФ), в то время как различия почв по содержанию меди нивелируются. Как и в случае ацетатно-аммонийной вытяжки для никеля характерно более пологое, равномерно убывающее распределение, но максимумы уже не характеризуются «пиковыми» значениями. Для меди характерен ярко выраженный максимум накопления в горизонте ВФ (590 и 360 мг/кг для разрезов НР2 и НР4-5 соответственно). Сравнивая кривые распределения металлов, извлекаемых разными вытяжками, и зная распределение фаз-носителей, можно предположить предпочтительный механизм закрепления в той или иной области профиля. Соответствие пиков распределения никеля кислотной вытяжки в RY_{ag}/E горизонте в разрезе НР2 пику распределения органического углерода и кальция можно предположить прочную специфическую сорбцию никеля органическим веществом, дополнительно коагулированным ионами кальция. В то же время соответствие пика распределения никеля и меди в горизонтах ВНФ и ВФ разрезов НР2 и НР4-5 соответственно максимумам распределения оксалоторастворимых полуторных оксидов может свидетельствовать о прочном закреплении металлов на аморфных (гидр)оксидах железа и оксидах марганца. Результаты корреляционного анализа свидетельствуют о наличии тесной связи содержания доступных и потенциально доступных соединений никеля и меди с рН и содержанием доступного кальция, подчеркивая роль известкования в иммобилизации тяжелых металлов.

ВЫВОДЫ

С развитием эрозионного смыва элювиально-иллювиальное распределение органического вещества и полуторных окислов сменяется регрессивно-аккумулятивным. Никель и медь накапливаются в маломощных намытых обогащенных органическим веществом горизонтах. Содержание доступной меди больше, чем никеля, что говорит о выносе более подвижного никеля вниз по профилю. Ремедиация привела к обогащению верхнего горизонта абраземов доступным кальцием, увеличению рН (в среднем на 0.5 единиц) и уменьшению количества оксалоторастворимых соединений алюминия, железа и марганца в результате известкования. Однако реакция почв остается сильнокислой и кислой. Содержание доступных соединений никеля и меди в почвах имеет тенденцию к снижению с ростом рН и содержания доступного кальция. Однако в большинстве случаев статистически значимого уменьшения содержания доступных соединений никеля и меди в результате ремедиации почв не выявлено. Абраземы техногенных пустошей до и после ремедиации обладают высоким варьированием всех свойств. Для эффективного связывания тяжелых металлов при ремедиации легких по гранулометрическому составу кислых почв целесообразно повторное известкование и внесение сорбентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Водяницкий Ю.Н.* Гидроксиды железа в почвах // Почвоведение. 2010. №11. С. 1341–1352.
2. *Душкова Е.О., Евсеев А.В.* Анализ техногенного воздействия на геосистемы Европейского Севера России // Арктика и Север. 2011. № 4. С. 162–195.
3. *Исаева Л.Г., Лукина Н.В., Горбачева Т.Т., Белова Е.А.* Ремедиация нарушенных территорий в зоне влияния медно-никелевого производства. Цветные металлы. 2011. № 11. С. 66–70.

4. *Копцик Г.Н., Копцик С.В., Смирнова И.Е.* Современные возможности ремедиации загрязненных территорий: опыт Кольского // Охрана окружающей среды и промышленная деятельность на Севере. Материалы 2-ой международной экологической конференции. Норильск, 22–24 сентября 2011 г. Норильск, 2011. С. 24–28.
5. *Копцик Г.Н., Лукина Н.В., Копцик С.В., Ливанцова С.Ю., Щербенко Т.А., Ерасова С.А., Удачин Н.А.* Поведение тяжелых металлов в подзолах под сосновыми лесами в условиях атмосферного загрязнения на Кольском полуострове // Вестник Московского университета, серия почвоведение. 2004, № 4. С. 42–56.
6. *Лукина Н.В., Сухарева Т.А., Исаева Л.Г.* Техногенные дигрессии и восстановительные сукцессии в северотаежных лесах. М.: Наука, 2005. 246 с.
7. *Переверзев В.Н., Свейструн Т.Е., Стрелкова М.С.* Аккумуляция никеля и меди в лесных подзолах в результате выбросов предприятий цветной металлургии // Почвоведение. 2002. № 3. С. 364–367.
8. *Mulligan C.N., Yong R.N., Gibbs B.F.* Remediation technologies for metal-contaminated soils and groundwater: an evaluation // Engineering Geology, 2001. V. 60. P. 193–207.

Работа рекомендована к.б.н., ведущим научным сотрудником Г.Н. Копцик.

УДК 631.10

ПОЧВЕННЫЙ БАНК СЕМЯН СОРНЫХ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ МАРИ БЕЛОЙ) И ЕГО СВЯЗЬ С НЕКОТОРЫМИ АГРОХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

А.В. Зоткина

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, кафедра общего земледелия

Дана качественная и количественная характеристика банка семян сорного компонента агрофитоценоза для конкретного угодья на дерново-подзолистой почве. Рассмотрена зависимость содержания в почве семян сорных растений от основных почвенных агрохимических свойств. Отмечена особая роль высокоплодовитого сорняка мари белой в формировании почвенного банка семян. Обоснована необходимость проведения своевременной качественной обработки почвы для значительного уменьшения засоренности посевов данным видом сорняка.

ВВЕДЕНИЕ

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур неразрывно связано с организацией и проведением успешной борьбы с сорными растениями. Сорняки не только снижают величину и качество урожая сельскохозяйственных культур, но и вызывают необходимость в проведении дополнительных полевых работ, что связано с большими затратами труда и средств [9].

В связи с этим становится актуальной проблема изучения экологии сорных растений: условия мест произрастания, биологические особенности, характер воздействия на культурные растения и др. Практическое значение экологии в сельском хозяйстве исключительно велико. Без знания экологических связей и закономерностей часто невозможно предвидеть отрицательные последствия, возникающие в результате хозяйственной деятельности человека [2, 9]. Кроме того, необходимо изучение особенностей и количественных закономерностей формирования почвенного банка семян сорных растений, поскольку именно потенциальная засоренность угодий определяет их возможное засорение в будущем.

При изучении экологических особенностей условий произрастания сорных растений важно обратить внимание на влияние пространственной изменчивости почвенных свойств на засоренность угодья, в том числе потенциальную [4, 13]. Поскольку в последнее время все большее распространение получает точное земледелие, исследование влияния неоднородности почвы на сорный компонент агроценоза представляется весьма важным и имеющим несомненную научную ценность и практическую значимость.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились летом 2009 года на 4 поле Дурыкинского севооборота на территории УОПЭЦ МГУ «Чашниково» (Московская область, Солнечногорский район, п. Чашниково). Площадь поля 12 га. Почвы дерново-подзолистые окультуренные средне-суглинистые. Поле оставалось под залежью 7 лет. В 2008 году оно было обработано и засеяно овсом с подсевом тимофеевки. На момент исследования оно вновь не обрабатывалось и преобладающими сорными видами были: ромашник непахучий, борщевик Сосновского, бородавник обыкновенный, бодяк полевой, осот полевой.

Обследование угодья проводилось маршрутным методом, опробование осуществлялось через приблизительно равные расстояния, определяемые равным числом шагов [12]. В каждой точке определялось число стеблей отдельных видов сорных растений (в рамках размером 50x50 см) и отбирались почвенные образцы для определения агрохимических свойств (с глубины 0–15 см) и банка семян сорных растений (с глубин 0–10 и 10–20 см). Общее число точек опробования 58. Координаты точек фиксировались при помощи приемника GPS Garmin Legend. Точность привязки составляла 2–4 м на местности.

В почвенных образцах по общепринятым методикам определялись объемная влажность весовым методом, pH_{KCl} , содержание гумуса на экспресс-анализаторе, содержание подвижных форм калия и фосфора по методу Кирсанова в 0.2 н HCl вытяжке с колориметрическим (фосфор) и пламеннофотометрическим (калий) окончанием [8].

Для выделения семян образцы почвы отмывались на специальных эластичных ситах. Разбор отмытых и высушенных проб производился с помощью лупы и пинцета на разборочной доске. Семена отделялись от остатков растений и определялся их видовой и количественный состав. В качестве подсобного материала использовались коллекции и рисунки семян в специальной литературе [3, 17]. Все обнаруженные виды семян сорняков были сфотографированы под цифровым микроскопом (Webbers Deep View 650s, увеличение 100-х).

Для изучения времени прорастания был проведен опыт по определению всхожести семян мари белой в лабораторных условиях [14]. Семена проращивались в термостатах, оборудованных терморегуляторами. Семена высевались по 100 штук на увлажненную фильтровальную бумагу в чашки Петри равномерно по всей площади. Определение проводилось в трехкратной повторности. Длительность опыта составила 20 суток.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Агрохимическая характеристика объекта исследования

По значениям pH_{KCl} исследуемые дерново-подзолистые почвы можно отнести к слабокислым, среднее значение равно 5.54, разброс в значениях относительно небольшой – коэффициент вариации равен 7 % (табл. 1).

Средняя влажность почвы по полю на момент исследования – 23.4 %.

Содержание калия в почве колеблется в широких пределах от 5.6 до 387.2 мг/кг почвы, а среднее значение равно 95.2 мг/кг почвы. По среднему уровню обеспеченности калием данные почвы находятся на границе слабо и средне обеспеченных, но ближе к слабо обеспеченным. Проявляется сильная неравномерность в распределении содержания калия на исследуемом поле – коэффициент вариации равен 72.6 %.

Характеристика угодья в отношении фосфора значительно лучше. По среднему содержанию фосфора, равному 277.6 мг/кг, данные почвы относятся к высоко обеспечен-

ным. Максимальные значения достигают более 800 мг/кг почвы. Вариабельность в пространственном распределении элемента также высока.

Низкое содержание органического вещества не позволяет отнести почвы к хорошо окультуренным. Среднее содержание гумуса равно 2.9 %.

Таблица 1. Статистические характеристики агрохимических свойств почвы.

Статистические показатели	pH _{KCl}	Влажность, %	Калий, мг/кг почвы	Фосфор, мг/кг почвы	Гумус, %
x ср.	5.54	23.43	95.2	277.6	2.90
min	4.74	17.65	5.6	69.4	1.62
med	5.49	23.05	79.0	225.7	2.78
max	6.85	30.99	387.2	876.8	6.05
s	0.38	3.25	69.1	182.5	0.67
CV, %	6.95	13.87	72.6	65.8	23.19

Статистика содержания семян сорных растений в почве

Результаты проведенного исследования подтверждают данные о высокой семенной продуктивности и наличии внушительного почвенного банка семян у сорных растений [10, 11, 15]. Общая сумма обнаруженных в почве семян достигает порядка 70 тыс. шт/м². На обследованном поле были обнаружены и определены семена 21 вида сорного растения, среди которых преобладают семена мари белой – 61146 шт/м², что соответствует очень сильной степени засоренности (табл. 2). Также довольно большое количество семян ярутки полевой со средней степенью засоренности. Встречаемость этих видов равна 1 (100 %), т.е. их семена были обнаружены во всех точках опробования. К видам со слабой степенью засоренности относятся бодяк, горец выюнкковый, подорожник большой. Наконец, оставшиеся 16 видов сорных растений имеют очень слабую степень засоренности почвы семенами.

Вертикальное распределение семян в почвенной толще неравномерно. Общая сумма семян, содержащихся в верхних 10 см слое, равна 31210 шт/м², а в слое 10–20 см – 37261 шт/м². Семян мари белой так же больше в нижней части исследуемой толщи почвы: 0–10 см – 27070, 10–20 см – 34076 шт/м². Вероятно, это может быть связано с проведенной в 2008 г. после 7 лет залежи вспашкой. Семена, которые находились и накапливались в верхнем слое почвы, оказались запаханymi в нижнюю часть пахотного горизонта.

По имеющимся архивным данным по банку семян на исследуемом угодье за 1997 г, когда поле еще не было отведено под залежь, на нем были обнаружены семена 18 видов сорных растений. Видовой состав семян сорняков изменился слабо. Наиболее часто встречаемые виды остались прежними. Марь белая по-прежнему осталась наиболее многочисленным видом со встречаемостью равной единице и с очень сильной степенью засоренности, но ее количество в 2009 г. увеличилось почти в три раза. Такое внушительное и быстрое восполнение запаса семян в почве наблюдается в экологически замкнутой системе без проведения обработок и внесения удобрений, что подтверждает опасность и обременительность высокоплодовитого сорняка мари белой. При повторном обследовании в почве не обнаружено семян звездчатки средней, бородавника, куриного проса, герани, вероники и пырея, но появились – бодяк, осот, щавель, лютик, горошек мышиный.

Сравнение видового состава банка семян и сорных растений в фитоценозе

Представляет интерес вопрос о соотношении встречаемости сорных растений в фитоценозе и встречаемости их семян в почве. В составе фитоценоза обнаружено 46 видов, а семян в почве только для 21 вида. Скорее всего, многие семена были не обнаружены из-за сложности обнаружения семян в почвенных образцах, т.к. многие авторы утверждают, что разнообразие банка семян выше разнообразия фитоценоза на одной и той же территории [11].

Таблица 2. Засоренность почвы семенами сорных растений.

№	Вид сорного растения	Встречае- мость	Кол-во семян (шт/м ²)	Бал засо- ренности	Степень засоренности
1	Марь белая – <i>Chenopodium album</i> L.	1	61146	5	очень сильная
2	Ярутка полевая – <i>Thlaspi arvense</i> L.	1	2627	3	средняя
3	Бодяк полевой – <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	0.6	717	2	слабая
4	Горец вьюнковый – <i>Polygonum convolvulus</i> L.	0.6	717	2	
5	Подорожник большой – <i>Plantago major</i> L.	0.6	637	2	
6	Фиалка полевая – <i>Viola arvensis</i> Murr.	0.6	478	1	очень слабая
7	Осот полевой – <i>Sonchus arvensis</i> L.	0.5	398	1	очень слабая
8	Пикульник красивый – <i>Galeopsis speciosa</i> Mill.	0.2	239	1	
9	Горец птичий – <i>Polygonum aviculare</i> L.	0.2	239	1	
10	Щавель конский – <i>Rumex confertus</i> Willd.	0.2	239	1	
11	Дымянка лекарственная – <i>Fumaria officinalis</i> L.	0.2	159	1	
12	Одуванчик лекарственный – <i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	0.2	159	1	
13	Чистец болотный – <i>Stachys palustris</i> L.	0.2	159	1	
14	Горец почечуйный – <i>Polygonum persicaria</i> L.	0.1	80	1	
15	Горошек мышиный – <i>Vicia cracca</i> L.	0.1	80	1	
16	Лютик ползучий – <i>Ranunculus repens</i> L.	0.1	80	1	
17	Пастушья сумка – <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	0.1	80	1	
18	Подмаренник мягкий – <i>Galium mollugo</i> L.	0.1	80	1	
19	Редька дикая – <i>Raphanus raphanistrum</i> L.	0.1	80	1	
20	Торица полевая – <i>Spergula arvensis</i> L.	0.1	80	1	
21	Щавель курчавый – <i>Rumex crispus</i> L.	0.1	80	1	

Следует отметить, что количество семян в почве большинства сорных видов во много раз больше, чем численность растений этих же видов в фитоценозе. Например, для ма-ри белой, как указывалось выше, семян в почве содержится примерно 60 тыс. шт/м², а растений произрастает в среднем только 6 шт/м². Существенны различия и во встречае-мости, которая соответственно равна 100 % для ее семян в почве и 48 % для растений в составе фитоценоза.

С другой стороны, для некоторых сорных видов эти показатели близки по значе-нию. Возможны случаи, когда при высокой встречаемости вегетирующих растений, в

почве не обнаруживаются их семена или обнаруживаются в небольшом количестве, например, для ромашника непахучего, бородавника обыкновенного, одуванчика лекарственного.

Зависимость содержания семян в почве от агрохимических свойств

Для проверки влияния почвенных условий на видовое разнообразие и численность семян сорняков в почве были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена (табл. 3). Значимый положительный коэффициент корреляции получен для мари белой со значениями pH почвы. Таким образом, семена мари предпочтительно размещаются в зонах, где кислотно-основная обстановка ближе к нейтральной. Аналогичная зависимость отмечена для семян фиалки и одуванчика.

Отмечена отрицательная связь между содержанием подвижного калия в почве и количеством семян мари. Можно предположить, что локальное внесение калийсодержащих удобрений по принципам точного земледелия позволит несколько снизить засоренность такими сорными растениями как марь белая, а также горец птичий и подорожник (табл. 3). Аналогична взаимосвязь влажности почвы и содержания в ней семян фиалки полевой и подорожника большого.

Семена фиалки полевой и осота полевого сохраняются в местах с более высоким содержанием фосфора в почве. Нами было показано, что растения фиалки полевой в фитоценозе также дают положительную корреляцию со значениями по содержанию подвижного фосфора в почве. А осот полевой относится к экологической группе фосфатпозитивных сорных растений [2]. По содержанию гумуса положительная корреляционная связь отмечена для семян одуванчика лекарственного.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции Спирмена между запасом семян некоторых сорных видов и почвенными свойствами.

Вид сорняка	pH _{KCl}	Влажность	Калий	Фосфор	Гумус
Марь белая	0.64	0.05	-0.55	0.19	0.16
Горец птичий	0.37	-0.24	-0.69	-0.16	0.38
Ярутка полевая	-0.03	-0.01	-0.32	-0.79	-0.03
Фиалка полевая	0.50	-0.57	-0.36	0.64	-0.21
Осот полевой	0.38	-0.45	-0.35	0.73	0.14
Одуванчик лекарственный	0.70	0.00	-0.26	0.35	0.52
Подорожник большой	0.32	-0.82	-0.60	0.24	0.39
Чистец болотный	0.52	-0.09	0.26	0.70	0.44

Прим. Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

Прогноз засоренности марью белой

Марь белая – сорное растение, которое имеет наибольший запас семян в почве, т.е. обладает очень высокой потенциальной степенью засоренности. Это один из наиболее распространенных и обременительных сорняков. Марь обладает огромной плодовитостью – одно растение может давать до 100 000 семян [7]. Прорастание семян растянутое, начинается с ранней весны и продолжается до осени. Период от всходов до полного созревания плодов составляет 75–90 дней.

Семена мари белой полиморфны. Благодаря твердой оболочке семена сохраняются до 68 (5.7 лет) месяцев и в большом количестве накапливаются в почве. На их долю нередко приходится от 50 до 80 % общего запаса семян в почве. Семена сохраняются после прохода через пищеварительный тракт животных и даже птиц [6].

Марь извлекает из почвы особенно большое количество питательных элементов, особенно калия. В воздушно-сухой массе растения содержится: 3.72 % азота, 0.65 % фосфора, 9.58 % калия [5, 16].

Лабораторный опыт показал, что активная жизнеспособность семян мари белой, определяемая процентом всхожих семян при оптимальной температуре и влажности, состав-

вила 4 %. Потенциальная жизнеспособность (выражается процентом семян, не взошедших при оптимальных температуре, но внешне сохраняющих жизнеспособность) оказалась очень высока и равна 91 %. Количеством семян с активной жизнеспособностью в конечном итоге определяют степень засоренности посевов на поле в данный момент, а с потенциальной – в последующие годы [1].

На основании полученных данных можно составить прогноз появления мари белой в посевах той или иной культуры и в соответствии с этим разработать агротехнические мероприятия для выращивания высоких урожаев. Семена мари белой не прорастают с глубины больше 3 см. Если считать, что семена в почве распределены равномерно, то в 3 см слое содержится 9172 шт/м² семян мари. Рассматривается влияние на засоренность последовательного проведения таких приемов обработки как, послеуборочное лущение, зяблевая вспашка, раннее весеннее боронование и культивация с боронованием. Эффективность приемов бралась по В.В. Исаеву [4].

Вероятная засоренность посевов X (шт/м²) марью белой может быть определена как:

$$X = Z_c \times V_c \times (1 - P_1) \times (1 - P_2) \times \dots \times (1 - P_n),$$

где Z_c – запас семян в почве (шт/м²), V_c – всхожесть семян (в долях); $(1 - P_1)$, $(1 - P_2)$, ..., $(1 - P_n)$ – снижение засоренности после применения каждого из выбранных приемов борьбы (в долях); n – число приемов.

$X_1 = 9172 \times 0.04 \times (1 - 0.6) \times (1 - 0.85) \times (1 - 0.45) \times (1 - 0.85) = 2$ шт/м² – столько растений мари белой будет в посевах при качественном и своевременном проведении данных обработок. Такое количество вполне допустимо.

$X_2 = 9172 \times 0.04 \times (1 - 0.5) \times (1 - 0.5) \times (1 - 0.2) \times (1 - 0.2) = 59$ шт/м² – такое количество мари будет, если проведение обработок прошло с упущениями. Данный результат не допустим и повлияет на качество и количество урожая.

Итак, изучение состава почвенного банка семян сорных растений поможет подобрать правильную систему обработки почвы, которая будет способствовать уменьшению общей засоренности посевов. Если же проведение обработок прошло с упущениями, засоренность может оказаться слишком высокой.

ВЫВОДЫ

Изучение почвенного банка семян сорных растений является важной задачей современного земледелия. Прогнозирование возможной засоренности угодья по состоянию банка семян в почве дает возможность принятия своевременных мер по борьбе с сорной растительностью для повышения урожая. В нашей полосе обременительным сорняком является мари белая, которая формирует внушительный запас семян в почве.

В ходе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. По засоренности семенами мари белой угодье может быть отнесено к сильно засоренным, причем за время залежи произошло увеличение их численности практически в три раза;
2. Выявлена связь между содержанием в почве семян некоторых видов сорных растений и почвенными агрохимическими свойствами;
3. Видовой состав фитоценоза и запас семян в почве зачастую различаются, что наблюдается и на примере мари белой;
4. Было показано, что своевременная качественная обработка значительно уменьшает засоренность посевов марью белой. Также можно предположить, что локальное внесение калийсодержащих удобрений на исследуемом угодье позволит несколько снизить засоренность данным сорным растением.

По результатам проведенного исследования можно рекомендовать комплекс мероприятий для уменьшения засоренности обследованного поля. Осенью проводится лущение стерни и не ранее, чем через две недели, вспашка, для того, чтобы успели прорасти семена мари белой. Затем идет вспашка с оборотом пласта. Весной можно рекомендовать

посев поздней яровой культуры – кукурузы или, например, посадку картофеля. В этом случае проводят предпосевную культивацию для уничтожения рано прорастающих семян мари белой. Данные мероприятия должны проводиться в сочетании с внесением удобрений по принципам точного земледелия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аверкин Г.В.* Влияние некоторых абиотических факторов на прорастание семян сорных растений // Сибирский вестник с/х науки, №1, 1982. С. 13–18.
2. *Баздырев Г.И.* Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии. М.: МСХА, 1995. 283 с.
3. *Доброхотов В.Н.* Семена сорных растений. М.: Сельхозиздат, 1961. 414 с.
4. *Исаев В.В.* Прогноз и картографирование сорной растительности. М.: Агропромиздат., 1990. 243 с.
5. *Корсмо Э.* Сорные растения современного земледелия. М.: Сельхозгиз, 1933. 415 с.
6. *Котт С.А.* Сорные растения и борьба с ними. М.: Сельхозгид., 1961. 365 с.
7. *Мальцев А.И.* Сорная растительность СССР и меры борьбы с ней. М.: Сельхозиздат, 1962. 317 с.
8. *Минеев В.Г.* Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
9. *Никитин В.В.* Сорные растения флоры СССР. Л.: Наука, 1983. 454 с.
10. *Петров В.В.* Банк семян в почвах лесных фитоценозов европейской части СССР. М.: Изд-во МГУ, 1989. 176 с.
11. *Работнов Т.А.* Жизнеспособные семена в почвах природных биогеоценозов СССР // Теоретические и прикладные аспекты биогеографии. М., 1982. С. 35–59.
12. *Самсонова В.П., Благовещенский Ю.Н., Кондрашкина М.И.* Учет и картографирование сорной растительности. М.: Изд-во МГУ, 2006. 87 с.
13. *Самсонова В.П., Кондрашкина М.И.* Пространственная вариабельность численности семян сорняков в пределах одного севооборота и ее связь со свойствами почв // Успехи современной биологии, т. 117, вып. 3, 1997. С. 324–335.
14. *Фисюнов А.В.* Справочник по борьбе с сорняками. М.: Колос, 1984. 256 с.
15. *Ball D.A., Viller S.D.* A comparison of techniques for estimation of arable soil seedbanks and their relationship to weed flora // Weed Research, v. 29, 1989. P. 365–373.
16. *Freyman S. et al.* Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on weed emergence and subsequent weed communities in south coastal British Columbia // Canadian journal of plant science. V. 69 (3), 1989. P. 1001–1010.
17. *Main weeds in field crops.* Du pont de Nemours S.A., 1990. 255 p.

Работа рекомендована д.б.н., профессором В.П. Самсоновой.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ НА МИГРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

А.Д. Кирсанов, А.В. Иванова

Санкт-Петербургский Государственный университет, биолого-почвенный факультет,
кафедра агрохимии, nv-ivanova-89@yandex.ru

Исследовано влияние нефтяного загрязнения на миграционную способность гуминовых кислот дерново-подзолистой почвы в условиях модельного эксперимента. Изучено однократное и повторное загрязнение почвы нефтью. Показано, что нефтезагрязнение приводит к существенным изменениям степени пептизируемости гуминовых кислот в воде. Наблюдаемые изменения и при однократном, и при повторном нефтезагрязнении, носят общий характер, а различия заключаются лишь в степени выраженности процессов.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение устойчивости биосферы к загрязнению нефтью представляет собой одну из наиболее сложных проблем современности, поскольку на сегодняшний день углеводороды нефти являются наиболее распространенными органическими поллютантами. Попадая в почву, нефтесодержащие вещества влияют на весь спектр ее свойств. Изменяются ее физические, химические, физиологические и фильтрационные свойства [Пиковский, 1988; Аборин, Хмурчик, Иларионов и др., 2008 и др.]. В наибольшей степени загрязнение нефтью проявляется в изменении биологических свойств и качества органического вещества почв.

Нефть оказывает как прямое, так и опосредованное воздействие на ее гумусное состояние [Орлов, Амосова, 1994; Орлова, 1996; Иларионов, 2006 и др.]. Опосредованное воздействие заключается в резком изменении всех химических, физико-химических и физических свойств почвы. Это приводит к нарушению жизнедеятельности почвенной микробиоты и изменению всех процессов гумусообразования – гумификации, трансформации и минерализации почвенного органического вещества. Непосредственное влияние нефтезагрязнений проявляется в химическом взаимодействии углеводородов нефти с собственно почвенными гумусовыми кислотами. В результате прямых химических взаимодействий углеводороды нефти и нефтепродуктов фрагментарно включаются в структуру молекул гумусовых кислот.

Подобного рода взаимодействия вызывают изменения, как фракционного состава гумусовых кислот почв, так и их химического строения и функциональных свойств – снижается глубина гумификации и степень их химической «зрелости». Это проявляется в уменьшении доли ароматического ядра и увеличении алифатических цепей в молекулах. Снижается реакционная способность гуминовых кислот (ГК), что связано с относительным уменьшением содержания кислых функциональных групп.

Известно, что органическое вещество является основой плодородия почв, служит резервом питательных веществ необходимых растениям. От количества и качества гумусовых веществ зависят практически все основные свойства почвы, в том числе, их экологическая устойчивость. Органическое вещество также является источником энергии для микроорганизмов, от активности которых, в свою очередь, зависит скорость очищения почв. Гумусовые вещества играют огромную роль в процессах устойчивости и самовосстановления почв, загрязненных углеводородами нефти.

В связи с выше перечисленным, изучение влияния нефтяного загрязнения на один из главных компонентов почвы – ее органическое вещество представляет несомненный интерес. Наряду с изучением состава гумуса, весьма важным является изучение различных свойств гумуса, в особенности, способности к миграции гумусовых веществ. Это свойство представляет интерес с экологических позиций, поскольку от миграционной способности могут, в том числе, зависеть такие опасные процессы как дегумификации почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В данной работе мы рассмотрим результаты исследования растворимости гуминовых кислот в воде, то есть пептизируемости, свежесожденных гелей гуминовых кислот дерново-подзолистых почв в условиях лабораторного моделирования нефтяного загрязнения.

Объектами исследования послужили окультуренные среднесуглинистые дерново-подзолистые почвы. Изучены следующие варианты опыта по дозе внесенной нефти:

первичное загрязнение нефтью

- контроль I (чистая почва);
- чистая почва + 1 % нефти;
- чистая почва + 5 % нефти;

повторное загрязнение нефтью

- контроль II (нефтезагрязненная почва);
- нефтезагрязненная почва + 1 % нефти;
- нефтезагрязненная почва + 5 % нефти.

Эксперименты по пептизируемости гуминовых кислот в воде проводились по методике Пономаревой-Плотниковой [Пономарева, Плотникова, 1980]. Срок наблюдений в модельном эксперименте составил 1.5 года.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Следует отметить, что все гуминовые кислоты исследуемых дерново-подзолистых почв относятся к группе бурых. Прежде чем перейти к обсуждению полученных нами данных по пептизируемости ГК, необходимо упомянуть о том, что, как было показано в работах В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [Пономарева, Плотникова, 1980], гуминовые кислоты почв гумидного климата, в целом, слабо пептизируются в воде. Их степень пептизируемости, как правило, не превышает 10–12 %. Тогда как у ГК черноземов этот показатель намного выше, и составляет 96–98 % от общего содержания ГК.

Для растворения ГК с содержанием в них 50 мг С потребовалось от 2 (в контроле I) до 5 (при 5%-ном загрязнении) порций воды по 100 мл. Увеличение объема воды, необходимой для пептизации препаратов, свидетельствует об усилении данного процесса. Полученные водные растворы (представляющие собой золи ГК) имеют ярко выраженные кислотные свойства. Значения pH растворов колеблется в интервале 4.0–5.6.

Как показали результаты проведенных исследований, с ростом уровня загрязнения почв нефтью пептизируемость гуминовых кислот значительно возрастает. Так, степень пептизируемости гуминовых кислот изученных в модельном эксперименте почв увеличивается от 4 % до 10–16 %. Изменяется как кинетика (при последовательном добавлении воды), так и степень пептизируемости. При этом, чем больше нефти попадает в почву, тем выше становится и уровень пептизируемости гуминовых кислот исследуемых почв.

То есть, во всех вариантах опыта нефтезагрязненные почвы характеризуются более растянутым во времени процессом растворения ГК в воде, так и общей величиной растворимости, по сравнению с ГК чистых дерново-подзолистых почв (рис. 1 и 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая полученный материал и литературные данные, можно сделать вывод о том, что нефтезагрязнение как однократное, так и повторное, приводит к существенным изменениям одного из важнейших функциональных свойств гумуса дерново-подзолистой почвы – увеличивается степень пептизируемости гуминовых кислот в воде. Наблюдаемые изменения и при однократном, и при повторном нефтезагрязнении, носят общий характер, а различия заключаются лишь в степени выраженности процессов.

При загрязнении нефтью наблюдаются изменения состава и свойств гумуса, которые можно отнести к положительными, это: увеличение содержания общего углерода,

увеличивается содержание всех групп и фракций гумусовых веществ от $C_{\text{общ}}$, в особенности ГК 1-ой и 2-ой фракций, меняется отношение $C_{\text{гк}}$ к $C_{\text{фк}}$.

Наряду с наблюдаемыми положительными изменениями, происходят также и безусловно негативные изменения. А именно, выявлены изменения в соотношении лабильных и устойчивых форм гумуса. Существенно возрастает в загрязненных почвах пептизируемость молекул гуминовых кислот, что указывает на потенциальное увеличение их миграционной способности.

Можно высказать предположение, что вследствие всего выше перечисленного, качество гумуса при нефтяном загрязнении снижается.

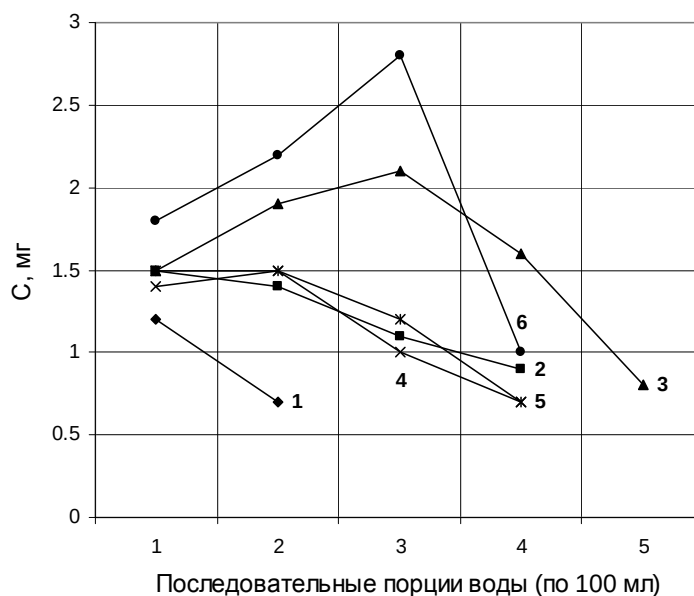


Рисунок 1. Кинетика пептизируемости ГК. 1 – контроль I (чистая почва); 2 – чистая почва + 1 % нефти; 3 – чистая почва + 5 % нефти; 4 – контроль II (нефтезагрязненная почва); 5 – нефтезагрязненная почва + 1 % нефти; 6 – нефтезагрязненная почва + 5 % нефти.

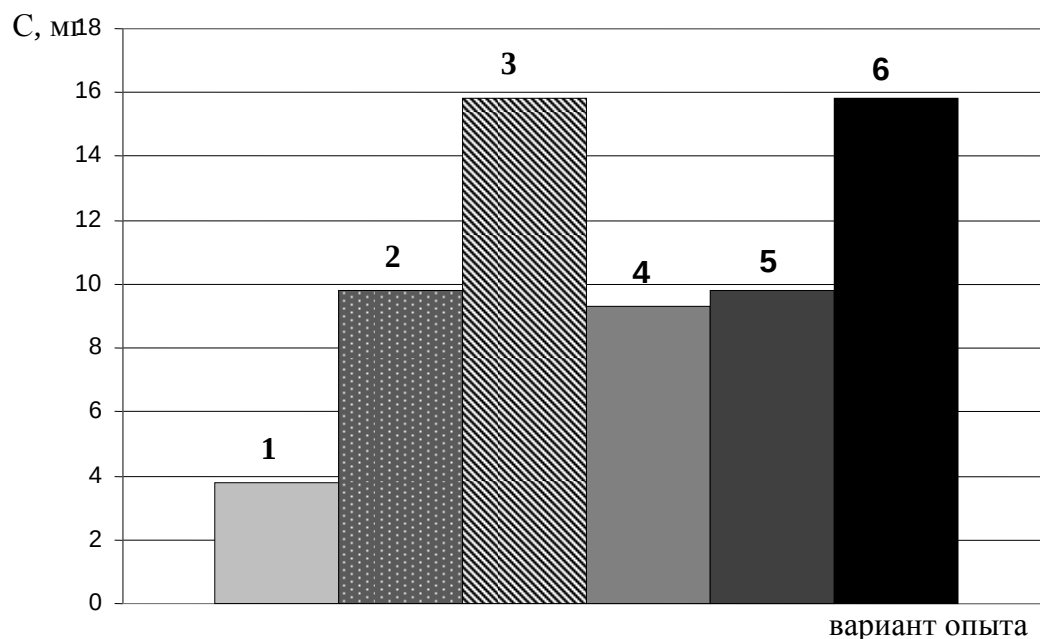


Рисунок 2. Степень пептизируемости ГК. Обозначения те же, что и к рис. 1.

Показанное нами повышение пептизируемости также негативно отражается на свойствах гумуса – он становится более подвижным, т.е. снижается его экологическая устойчивость. Так, в природных условиях гуминовые кислоты, характеризующиеся повы-

шенной пептизируемостью в воде, могут активно мигрировать по почвенному профилю. В климатических условиях таежно-лесной зоны с высоким уровнем увлажнения это может вызвать дегумификацию почв, а также снижение экологической устойчивости не только гумуса, но и почвы в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аборин А.А., Хмурчик В.Т., Иларионов С.А. и др.* Нефтезагрязненные биогеоценозы. Пермь. Пермск. ун-т. 2008.
2. *Иларионов С.А.* Трансформация углеводов нефти в почвах гумидной зоны. /Автореф. ... докт.биол.наук. Сыктывкар. 2006.
3. *Орлов Д.С., Аммосова Я.М.* Методы контроля почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Почвенно-экологический мониторинг. М.: Изд-во МГУ. 1994. С. 219–232.
4. *Орлова Е.Е.* Влияние загрязнения нефтью на биологическую активность и гумусовые вещества почв. /Автореф. дис. на соиск. уч. ст. к.с.-х.н. СПб-Пушкин. 1996. 17 с.
5. *Пиковский Ю.М.* Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах. М. 1988. С. 7–22.
6. *Пономарева В.В., Плотникова Т.А.* Гумус и почвообразование. Л.: Наука. 1980.

Работа рекомендована старшим преподавателем кафедры агрохимии биолого-почвенного факультета СПбГУ, к.с.-х.н. Е.Е. Орловой

УДК 631.8:631.445.24

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА И ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ В ПОЛЕВОМ ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ

А.В. Козлова

Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а

На дерново-подзолистой легкосуглинистой окультуренной почве Смоленской области изучены закономерности действия органических и минеральных удобрений в широком диапазоне доз и сочетаний на урожайность и качество зерна овса, а также плодородие почвы. Определены оптимальные дозы удобрений для получения высококачественного зерна.

ВВЕДЕНИЕ

Основной фонд пахотных земель в Нечерноземной зоне Российской Федерации представлен дерново-подзолистыми почвами различного гранулометрического состава. В естественном состоянии – это кислые почвы со сравнительно невысоким уровнем плодородия, преимущественно фульватным типом гумуса, малой емкостью катионного обмена, бедные валовыми запасами и подвижными формами азота и фосфора [3, 5].

Практика сельскохозяйственного производства доказывает, что основным фактором сохранения плодородия почв и повышения урожаев возделываемых на них культур, при своевременном и качественном выполнении других агротехнических приемов, является применение удобрений. Сочетание же минеральных и органических удобрений приводит к более благоприятным условиям питания растений в севооборотах и деятельности микроорганизмов [1, 2].

В условиях северо-западной части Центрального района РФ ценной культурой, используемой на зерно, корм, а также в диетических и лекарственных целях, является овес. Продуктивность и качество данной культуры во многом зависит от условий питания.

В связи с тем, что вопросы рационального внесения удобрений под овес недостаточно изучены [4], в задачу наших исследований входило определение, на основании стационарного полевого опыта, эффективности доз и сочетаний органических и минеральных удобрений, обеспечивающих повышение урожайности изучаемой культуры, а также улучшающих гумусовое состояние почвы.

Научная новизна работы состоит в том, что на основе длительного полевого опыта с использованием факториальной схемы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве впервые изучены закономерности влияния органических и минеральных удобрений в широком диапазоне доз и сочетаний на продуктивность овса, возделываемого на зерно.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнены в условиях Смоленской области (п. Олыша Смоленского района) на дерново-подзолистой легкосуглинистой окультуренной почве со следующей агрохимической характеристикой: pH_{KCl} 5.5–5.6, содержание гумуса 1.5–2 %; общего азота 0.10–0.15 %, подвижных соединений фосфора (P_2O_5) по Кирсанову 140–170 мг/кг и калия (K_2O) 100–150 мг/кг. Опыт заложен в 1978 г. Схема опыта факториальная, представляет собой выборку 1/27 ($6 \times 6 \times 6 \times 6$), включает 48 вариантов. Схема предусматривает изучение четырех факторов: навоза подстилочного, азотного, фосфорного и калийного минеральных удобрений. Варианты закодированы. В кодах первая цифра обозначает «азот», вторая – «фосфор», третья – «калий» и четвертая – «навоз». Минеральные удобрения применяли под все культуры кроме многолетних трав, навоз – под озимую пшеницу.

Особенность эксперимента заключается в том, что навоз выступает как отдельный самостоятельный фактор. Каждый из четырех факторов опыта представлен в 6 градациях (0, 1, 2, 3, 4 и 5 единичных доз). За единичные дозы при выращивании овса было принято следующее количество минеральных удобрений: по 30 кг азота, фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O). Повторность опыта трехкратная. Агротехника общепринятая.

В данной работе приведены результаты исследований культуры овса, выращенного в четвертой ротации севооборота.

Севооборот зернотравяной. Чередование культур в 4 ротации было следующим: однолетние травы (овес на зеленый корм), озимая рожь, ячмень, многолетние травы 1 года пользования (овсяница луговая + тимopheевка луговая), многолетние травы 2 года пользования, яровая пшеница, овес. Насыщение севооборота зерновыми культурами 57 %, многолетними травами – 29 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований были получены данные по урожайности и качеству зерна овса, содержанию в почве гумуса, а также фракционно-групповому составу гумуса, определенного по методу Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой в почвенных образцах, отобранных в конце четвертой ротации севооборота.

О влиянии органических и минеральных удобрений на урожайность овса свидетельствуют данные, приведенные в таблице 1 и на рисунке 1.

В контрольном варианте, без применения удобрений, продуктивность культуры была самой низкой в опыте и составила 19.6 ц/га. При применении минеральных удобрений и навоза как при раздельном внесении, так и в сочетаниях урожайность овса достоверно увеличивалась относительно контроля. Прибавки от азотных, фосфорных и калийных удобрений при одностороннем внесении составляли соответственно 18.8, 21.9 и 8.8 ц/га. При использовании органической системы удобрения (вариант с тройной дозой навоза) с 1 га было собрано 34.5 ц зерна. Прибавка составила 76 % по отношению к контролю. Сочетание азотных, фосфорных и калийных удобрений в тройных дозах (3330), а также органо-минеральный вариант с внесением четверных доз удобрений (4444) значительно увеличивали продуктивность культуры. Здесь было получено 44.9 и 44.8 ц зерна соответственно и отмечена значительная прибавка урожая по отношению к контролю – на уровне

25 ц/га, или 129 %. Наибольший урожай – 46.6 ц/га был получен при сочетании органических и минеральных удобрений в тройных дозах.

Таблица 1. Влияние удобрений на урожайность зерна овса, 2008 г.

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка урожая зерна	
		ц/га	%
0000	19.6	–	–
3000	38.4	18.8	96
0300	41.5	21.9	112
0030	28.4	8.8	45
0003	34.5	14.9	76
3330	44.9	25.3	129
1111	32.3	12.7	65
2222	39.7	20.1	103
3333	46.6	27.0	138
4444	44.8	25.2	129
5555	42.8	23.2	118
НСР05 = 4.6 ц/га			

При внесении возрастающих доз удобрений в органо-минеральных вариантах прибавка урожая зерна овса последовательно увеличивалась до тройных доз, а затем она несколько снижалась, что обусловлено полеганием растений в связи с избытком влаги и питательных веществ.

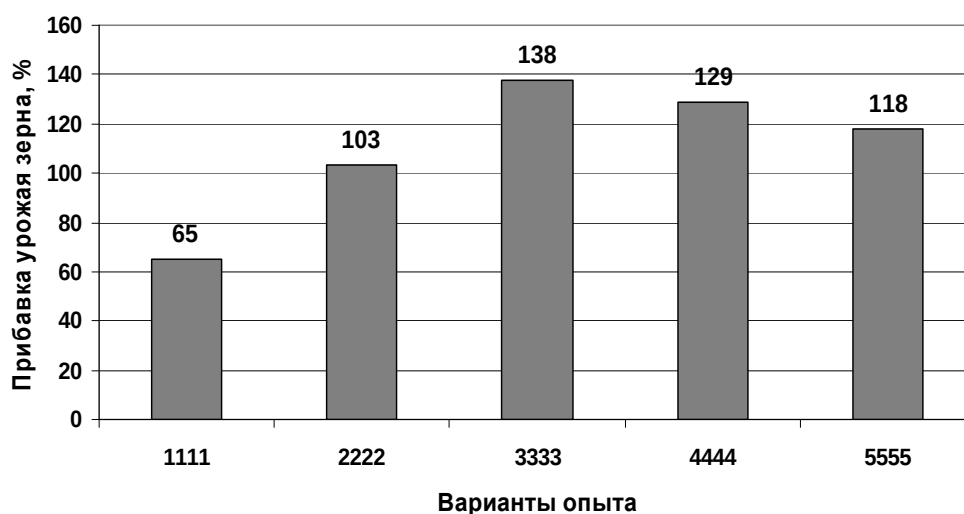


Рисунок 1. Урожайность овса в зависимости от внесения возрастающих доз удобрений в органо-минеральных системах

Закономерность влияния минеральных удобрений и навоза на формирование урожая овса отражена также в уравнении регрессии:

$$Y_{2008} = 26.22 + 5.43N + 3.98P + 2.2K + 7.44N^{0.5} - 3.55(NP)^{0.5} - 4.2(NH)^{0.5} - 2.98(PK)^{0.5}, R=0.81.$$

Анализ качества зерна овса показал (табл. 2), что содержание азота во всех вариантах опыта было выше контроля. Наибольший показатель был получен в варианте с полным минеральным удобрением в тройных дозах и составил 1.9 %. На содержание фосфора в растениях положительное влияние в большей мере оказывали фосфорные удобрения, а также полное минеральное удобрение и органо-минеральная система. На содержание калия положительное влияние оказывали калийные удобрения и навоз. На такой показатель качества, как масса тысячи зерен относительно контроля положительно действовали калийные удобрения и навозно-минеральная система. Масса зерна в данных вариантах

составила 39.5 и 39.3 г соответственно. Лучшие показатели натуры зерна овса составили от 431 до 435 г/л. В то же время стоит отметить, что в данном году натура зерна была довольно низкой.

Немаловажное значение для характеристики качества зерна овса имеет пленчатость. Данный показатель является с одной стороны сортовым признаком, а с другой – результатом воздействия почвенно-климатических условий и технологических приемов возделывания. Наибольшая пленчатость зерна в условиях опыта была получена при внесении навоза и составила 29 %. Наименьшая пленчатость была в вариантах с внесением азотных и фосфорных удобрений и составила 20.7 и 20.5 % соответственно.

Однако для того, чтобы оценить приоритетность использования той или иной системы удобрения, одних показателей урожайности и качества продукции недостаточно. В связи с этим, были отобраны образцы почвы с пахотного горизонта, в которых определяли содержание органического вещества. Исследования показали, что органический углерод в почве в значительной мере зависел от азотных, калийных удобрений, а также полного минерального удобрения и органо-минеральных систем в возрастающих дозах. Фосфорные удобрения и навоз в последствии влияния не оказывали.

Таблица 2. Влияние удобрений на качество зерна овса, 2008 г.

Вариант	Азот, %	Фосфор (P ₂ O ₅), %	Калий (K ₂ O), %	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Пленчатость, %
0000	1.0	0.74	0.85	39.1	330	25.0
3000	1.2	0.87	0.67	37.0	372	20.7
0300	1.7	0.97	0.55	37.7	399	20.5
0030	1.5	0.81	0.85	39.5	379	25.3
0003	1.5	0.83	0.87	34.2	316	29.2
3330	1.9	1.03	0.57	38.5	369	24.2
1111	1.2	0.79	0.88	39.2	431	29.6
2222	1.4	0.83	0.59	38.4	298	20.8
3333	1.6	1.03	0.69	39.3	367	25.1
4444	1.0	0.80	0.86	45.1	435	22.6
5555	1.7	0.93	0.68	38.1	432	25.8

Содержание водорастворимого углерода увеличивалось относительно контрольного варианта при применении минеральных удобрений и навоза, как при раздельном внесении, так и в сочетаниях. Наибольший показатель был получен при сочетании органических и минеральных удобрений в четырехкратных дозах. Прослеживается корреляция между Сорг и Свод, $r=0.6$. Также, наблюдается тесная связь между органическим углеродом, водорастворимым углеродом и урожаем овса. Коэффициенты корреляции при этом составляют 0.64 и 0.74 соответственно.

Изучение фракционно-группового состава гумуса в почве в конце четвертой ротации севооборота показало, что оптимальное отношение гуминовых кислот к фульвокислотам наблюдалось в варианте с органической системой. Оно составило 0.65, тогда как по минеральной и органо-минеральной системам оно заметно снижалось до 0.45. Исходя из данного опыта следует сказать, что более целесообразной является органо-минеральная система, так как при ее использовании в почве образуется наибольшее количество бурых гуминовых кислот (20.3 %), и наименьшее по сравнению с минеральной и органической системами агрессивной фракции фульвокислот – 6.5 %.

Таблица 3. Фракционно-групповой состав гумуса, % к общему углероду почвы

Вариант	Общий углерод в почве, %	Фракции ГК				Фракции ФК					Сумма фракций	ГК/ФК	НО
		1	2	3	Σ	1a	1	2	3	Σ			
0000	1.01	18.2	–	6.9	25.1	9.4	10.0	5.9	15.9	41.2	66.3	0.61	33.7
3000	1.10	23.6	–	8.2	31.8	10.0	22.2	–	17.3	49.5	81.3	0.64	18.7
0300	1.00	21.0	–	6.5	27.5	9.5	24.5	–	16.5	50.5	78.0	0.54	22.0
0030	1.13	16.6	–	6.3	22.9	8.7	24.0	–	13.2	45.9	68.8	5.00	31.2
0003	1.03	15.5	–	6.4	21.9	9.7	10.8	1.2	12.0	33.7	55.6	0.65	44.4
3330	1.19	16.8	–	6.1	22.9	8.3	15.2	15.0	12.2	50.7	73.6	0.45	26.4
1111	1.10	20.0	–	6.4	26.4	7.3	24.5	10.4	15.1	57.3	83.7	0.46	16.3
2222	1.10	22.7	–	5.8	28.5	6.7	26.1	8.2	15.1	56.1	84.6	0.51	15.4
3333	1.33	20.3	–	5.0	25.3	6.5	25.1	5.5	8.8	45.9	71.2	0.55	28.8
4444	1.30	20.0	–	7.1	27.1	5.5	34.5	–	17.1	57.1	84.2	0.47	15.8
5555	1.20	21.7	–	6.1	27.8	8.0	32.0	3.8	14.9	58.7	86.5	0.47	13.5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно сделать вывод, что внесение удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве под овес, при выращивании в зернотравяном севообороте, является важнейшим фактором повышения его урожайности, получения высококачественной продукции, а также сохранения плодородия почвы. Наиболее эффективной при длительном применении оказалась органо-минеральная система удобрения в дозах N90 P90 K90 + навоз 9 т/га, обеспечившая наибольшую урожайность зерна в опыте – 46.6 ц/га при сохранении почвенного плодородия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демин В.А. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в севообороте. Учебное пособие. М.: ТСХА, 1981. 92 с.
2. Завьялова Н.Е., Митрофанов Т.Н. Влияние минеральных удобрений и известкования на биологическую активность дерново-подзолистых почв // Агрохимия. 2008. №12. – С. 19–33.
3. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. – М.: Агропромиздат, 1990. 219 с.
4. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П. Длительное применение органических и минеральных удобрений при оптимизации их доз и сочетаний на легкосуглинистой почве // Агрохимия. 2006. №10. С. 33–40.
5. Минеев В.Г., Романова Н.Ф. Действие и последствие удобрения на плодородие дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. // Агрохимия. – 2005. №1. С. 5–13.

Работа выполнена под научным руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора Г.Е. Мерзлой.

СЕЛЕКТИВНОСТЬ ОБМЕНА Ca–Na В ЛУГОВО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ДЖАНЫБЕКСКОГО СТАЦИОНАРА РАН В НАТИВНЫХ ОБРАЗЦАХ И В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

А.В. Колесников

ФГБУН Институт лесоведения РАН, Московская обл., с. Успенское

Изучены некоторые свойства почвенного поглощающего комплекса в лугово-каштановых почвах Джаныбекского стационара РАН, в частности вопросы селективности катионного обмена с участием ионов Ca^{2+} и Na^+ . На основании полученных в модельном опыте значений $\text{KC}_{\text{Ca-Na}}$ при разных значениях SAR и сопоставляя их со значениями SAR в грунтовых водах, мы имеем возможность прогноза развития осолонцевания в исследованных почвах при возможном подъеме уровня грунтовых вод.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с проблемой рационального использования земельных ресурсов Юго-Востока европейской части России большое значение имеет вопрос повышения продуктивности земель данного региона. В составе солонцового комплекса лугово-каштановые почвы западин, профиль которых лишен легкорастворимых солей, являются наиболее благоприятным компонентом для выращивания как лесных, так и сельскохозяйственных культур. Поэтому исследование лугово-каштановых почв при различных видах землепользования имеет теоретическое и практическое значение.

Состав почвенного поглощающего комплекса (ППК) является одной из главных почвенно-химических характеристик, а обмен катионов относится к числу важнейших почвенно-химических процессов, определяющих генезис почв, их плодородие и возможности мелиорации. Известно, что параметры уравнений, которыми описывают катионный обмен, могут существенно изменяться в зависимости от значения pH, ионной силы раствора, содержания и состава гумуса и глинистых минералов. Актуальность исследований связана еще и с тем обстоятельством, что в настоящее время нижние горизонты почвенно-грунтовой толщи этих почв подвергаются вторичному засолению в связи с подъемом уровня засоленных грунтовых вод. В связи с этим можно ожидать изменения состава ППК и изменения селективности в реакциях обмена Ca-Na.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на территории Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН, расположенного в междуречье Волги и Урала в северо-западной части Прикаспийской низменности. При общей равнинности эта часть Прикаспийской низменности имеет хорошо выраженный мезо- и микрорельеф. Ярко выраженный микрорельеф межпадинной равнины обуславливает комплексность как растительного и почвенного покрова, так и минерализацию грунтовых вод на изучаемой территории (Роде, Польский, 1961). Наиболее распространенным видом почв на территории стационара и в районе его расположения являются солончаковые солонцы, занимающие не менее 50 % общей площади межпадинной равнины и приуроченные к микроповышениям, которые заняты пустынными биогеоценозами. Микропонижения (западины) заняты незасоленными темноцветными черноземовидными или лугово-каштановыми (Классификация почв СССР, 1977) почвами под злаково-разнотравной растительностью. В связи с дополнительным притоком влаги водный режим этих почв можно охарактеризовать как периодически промывной. Почвами западин занято около 25 % площади территории стационара. На микросклонах,

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 09-04-00030а) и Программы по государственной поддержке ведущих научных школ (НШ-6959.2010.4)

© А.В. Колесников, 2012

занимающих оставшуюся площадь, располагаются зональные светло-каштановые почвы с развитой на них сухостепной растительностью (Повышение продуктивности..., 1989; Роде, Польский, 1961). Названные три типа почв межпадинной равнины образуют полупустынный солонцовый комплекс, характерный для значительной части Волжско-Уральского междуречья.

Были изучены образцы лугово-каштановых почв, отобранные по генетическим горизонтам на участке «Гослесополоса» из трех разрезов на целине и трех – в системе агролесомелиорации. Выбор в качестве объектов исследования именно лугово-каштановых почв обусловлен тем обстоятельством, что они являются единственным членом солонцового комплекса, пригодным для сельскохозяйственного использования без проведения мелиоративных мероприятий, а также тем, что почвенные исследования, проводимые на Джаныбекском стационаре, до недавнего времени касались в основном солончаковых солонцов.

В содержание легкорастворимых солей и отдельных ионов по данным водной вытяжки. Было определено содержание органического углерода по Тюрину, содержание и состав обменных катионов было определено по методу Пфеффера в модификации Молодцова и Игнатовой. Кроме того, были измерены значения активностей кальция и натрия в насыщенных водой почвенных пастах (Воробьева, 1998).

Целью модельного эксперимента явилось выяснение изменения селективности некоторых горизонтов лугово-каштановых почв к натрию при взаимодействии образцов с растворами, содержащими ионы Ca^{2+} и Na^+ в различных соотношениях при постоянной ионной силе раствора. Отобранные образцы просеивались через сито с диаметром ячеек 1 мм и насыщались кальцием из 0.5 М раствора CaCl_2 . После насыщения образцы взаимодействовали с серией растворов с определенными соотношениями концентраций ионов Ca^{2+} и Na^+ и постоянной ионной силой, равной 0.05 моль/л; анионом являлся ион Cl^- . Показатель SAR растворов изменялся в пределах 0.1–20. Для поддержания постоянного уровня pH в растворы добавлялся буферный раствор, имеющий pH 8 из расчета 2 мл буфера на 100 мл раствора (Иванова, Понизовский, 1987). После уравнивания растворов навески почвы помещали в воронки на фильтры и вытесняли из них обменные катионы 1 М раствором NH_4Cl , забуференным до pH 8, приливая его порциями и собирая фильтрат в мерную колбу. В полученном фильтрате комплексонометрически определялось содержание ионов Ca^{2+} по методике, описанной Л.А. Воробьевой (1998) определение содержания Na^+ проводилось с помощью метода пламенной фотометрии на фотометре ПФМ. В полученные результаты вносилась поправка на количества Ca и Na, содержащиеся в механически удержанном растворе. Опыты проводились в трехкратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные лугово-каштановые почвы достаточно гумусированы – в верхних горизонтах содержится 4–5 % гумуса, содержание его довольно резко снижается вниз по профилю. Содержание илистой фракции в целинных почвах в горизонте A1 составляет 17 %, резко возрастая до 29 % в горизонте B1 и далее равномерно распределяясь с глубиной на уровне 28 %. Мелиорация затушевывает эту картину из-за перемешивания верхних горизонтов при вспашке, поэтому здесь содержание ила в верхних горизонтах нарастает с глубиной постепенно.

Эффективная емкость катионного обмена ($\text{ЕКО}_{\text{эф.}}$) в целинных лугово-каштановых почвах Джаныбекского стационара составляет 18.3–20.6 ммоль(+)/100 г почвы (табл. 1) и возрастает с глубиной параллельно увеличению содержания илистой фракции. В мелиорированных почвах эта закономерность отсутствует благодаря перемешиванию материала при распашке.

И в целинных, и в мелиорированных почвах 70–82 % от ЕКО приходится на долю обменного Ca, 13–30 % – на долю обменного Mg без существенной профильной диффе-

ренциации этих катионов по горизонтам; обменный Na составляет около 1 % от ЕКО, т.е. в настоящее время развития солонцового процесса в верхней полутораметровой м толще лугово-каштановых почв не наблюдается. На долю обменного К приходится 3–8 % от ЕКО, абсолютное содержание обменного К и его доля в почвенном поглощающем комплексе снижаются с глубиной.

Таблица 1. Содержание и состав обменных катионов в лугово-каштановых почвах (средние значения из трех повторностей $\pm$ доверительный интервал при $P=0.9$; в скобках – доля катиона от ЕКО).

Горизонт	Глубина, см	Обменные катионы, ммоль-экв/100 г почвы				
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	ЕКО _{эф.}
Целина						
A1	0–12	12.9±0.6(70)	3.8±1.6(21)	0.2±0.0(1)	1.4±0.0(8)	18.3±2.2
B1ca	12–30	14.3±0.6(76)	3.1±0.5(16)	0.2±0.0(1)	1.2±0.3(7)	18.8±0.7
B3ca ²	30–46	15.1±0.8(75)	3.5±1.1(28)	0.2±0.0(1)	1.2±0.1(6)	20.0±0.4
B3ca	46–78	14.4±0.4(70)	4.9±0.9(24)	0.3±0.0(1)	1.0±0.0(5)	20.6±1.2
BCsa	78–140	12.9±0.7(65)	6.0±1.1(30)	0.2±0.0(1)	0.6±0.0(3)	19.7±0.7
Мелиорированный участок						
Апах	0–35	14.8±0.8(75)	3.4±0.2(17)	0.3±0.0(1)	1.2±0.1(9)	19.7±0.8
Аплант.	35–43	15.7±0.5(77)	3.3±0.4(16)	0.3±0.0(1)	1.1±0.1(9)	20.4±0.2
B3ca ²	43–100	14.1±0.5(75)	3.5±0.5(18)	0.3±0.0(1)	0.9±0.0(5)	18.8±0.7
B3ca	100–120	16.3±0.6(82)	2.5±0.8(13)	0.2±0.1(1)	0.8±0.1(4)	19.8±0.3
BCsa	120–140	14.5±0.5(78)	3.3±0.3(18)	0.1±0.0(1)	0.7±0.0 (4)	18.6±0.5

Абсолютные значения коэффициентов селективности обмена Ca-Na, рассчитанные по уравнению Гапона, варьировали в пределах от 1.5 до 5 (табл. 2). Эти значения оказались значительно выше величин, полученных другими авторами для черноземов и каштановых почв, что частично объясняется различными методами получения экспериментальных данных. Вместе с тем, найденные значения K_{Ca-Na} , рассчитанные по уравнению Гапона, полностью укладываются в диапазон значений K_{Ca-Na} , полученных В.А. Романенковым (1989) такими же методами, которые были использованы в данной работе, для мелиорированных солончаковых солонцов с низким содержанием Na в ППК. Такое сходство наводит на мысль о том, что исследованные лугово-каштановые почвы в своем развитии проходили солонцовую стадию.

Таблица 2. Коэффициенты селективности обмена Ca-Na (K_s Ca-Na), рассчитанные по уравнениям Гапона, Вэнслоу и Никольского.

Горизонт	Глубина, см	Ks, рассчитанные по уравнениям:		
		Гапона	Вэнслоу	Никольского
Целина				
A1	0–12	3.3±0.9	31.2±18.2	11.9±3.1
B1ca ²	12–30	4.2±0.4	50.6±12.8	15.9±2.0
B3ca ²	30–46	3.8±1.7	47.3±33.0	14.9±6.6
B3ca	46–78	3.1±1.6	37.7	11.7±5.7
BCsa	78–140	2.3±2.3	13.8	8.3±0.9
Мелиорированный участок				
Апах	0–35	3.5±0.3	33.0	13.4±9.0
Апл	35–43	3.0±0.7	20.6±11.2	11.8±2.6
B3ca ²	43–100	3.0	26.5	12.0±2.2
B3ca	100–120	1.6	11.2±7.2	6.4
BCsa	120–140	1.5±0.5	7.3±3.9	5.7±1.7

Результаты расчета коэффициентов селективности обмена Ca-Na (K_{Ca-Na}) по уравнениям Вэнслоу и Никольского выявляют одинаковую закономерность в профильном распределении величин коэффициентов селективности как в целинных, так и в мелиорированных почвах: они максимальны в самых верхних горизонтах, в то время как нижние горизонты ВЗ и ВС менее селективны к Na (табл. 2). Это значит, что в верхних горизонтах профиля лугово-каштановых почв более вероятно развитие процессов околонецания.

Агролесомелиорация приводит к некоторому увеличению коэффициента селективности Ca-Na в пахотных горизонтах благодаря повышению степени дисперсности глинистых минералов и соответственно увеличению доли наиболее селективной к натрию их внешней удельной поверхности, а также уменьшению содержания органического вещества.

Целью модельного эксперимента явилась оценка изменения селективности некоторых горизонтов лугово-каштановых почв к Na по сравнению с Ca в зависимости от соотношения ионов в растворе постоянной ионной силы раствора. В исследованных горизонтах лугово-каштановых почв по результатам модельного эксперимента были вычислены коэффициенты селективности обмена Ca-Na по Гапону и Вэнслоу (табл. 3) и построены изотермы обмена Ca-Na, которые сравнивались с изотермой непреимущества обмена, вычисленной по Г. Спозито (1984).

Таблица 3. Состав ППК (эквивалентные доли Ca и Na) и коэффициенты селективности Гапона и Вэнслоу для реакции обмена Ca-Na по результатам модельного эксперимента.

SAR	Горизонт A1				Горизонт BCca			
	E_{Na}	E_{Ca}	K_{Ca-Na}	$K_{B_{Ca-Na}}$	E_{Na}	E_{Ca}	K_{Ca-Na}	$K_{B_{Ca-Na}}$
0.1	0.30	0.70	4.21	38.27	0.26	0.74	3.51	28.83
0.5	0.34	0.66	1.00	1.98	0.28	0.72	0.78	1.35
1	0.39	0.61	0.61	0.66	0.31	0.69	0.42	0.38
1.5	0.43	0.57	0.47	0.36	0.31	0.69	0.28	0.17
2	0.43	0.57	0.35	0.20	0.32	0.68	0.22	0.10
3	0.43	0.57	0.24	0.09	0.33	0.67	0.15	0.05
4	0.45	0.55	0.19	0.06	0.35	0.65	0.13	0.03
5	0.46	0.54	0.16	0.04	0.38	0.62	0.12	0.02
10	0.46	0.54	0.08	0.01	0.41	0.59	0.07	0.008
15	0.48	0.52	0.06	0.005	0.41	0.59	0.04	0.003
20	0.48	0.52	0.05	0.003	0.44	0.56	0.04	0.003

Горизонты лугово-каштановой почвы проявляют селективность к натрию, при доле обменного Na в горизонте A1, равной 0.3 и 0.26 – в горизонте ВЗ'_{ca}². При большем содержании обменного Na горизонты проявляют селективность к кальцию. Эту закономерность подтверждают также и значения коэффициентов селективности обмена Ca-Na, которые при минимальном содержании обменного Na оказались идентичными соответствующим величинам, найденным для нативных образцов. В обоих случаях наблюдалась и одинаковая закономерность: значения K_{Ca-Na} были выше в горизонте A1 по сравнению с горизонтом BC. Селективность почвы к Na убывает по мере замещения обменного кальция натрием. Внедрение в ППК натрия несколько более интенсивно протекает в верхнем горизонте, чем в нижнем. Несмотря на резкое изменение соотношения содержания Ca и Na в растворе, содержание обменного натрия в исследованных горизонтах нарастает плавно и при SAR = 20 составляет 8.38–8.67 ммоль(+)/100 г почвы, т.е. полного замещения обменного кальция натрием при взаимодействии с модельными растворами не достигается. Результаты модельного эксперимента также подтверждают найденную закономерность, что верхние горизонты лугово-каштановых почв более селективны к натрию, чем нижние.

На основании полученных в модельном опыте значений K_{Ca-Na} при разных значениях SAR и сопоставляя их со значениями SAR в грунтовых водах, мы имеем возможность прогноза развития осолонцевания в исследованных почвах при возможном подъеме уровня грунтовых вод. Значения SAR в грунтовых водах под исследованными профилями колеблются в широких пределах – от 1.6 до 21.8, но эти значения показывают, что в настоящее время в случае подъема уровня грунтовых вод на территории Джаныбекского стационара, на первых стадиях взаимодействия в почвах не следует ожидать интенсивного развития процессов осолонцевания и прочного закрепления натрия в ППК.

ВЫВОДЫ

Результаты расчета коэффициентов селективности обмена Ca-Na (K_{Ca-Na}) для лугово-каштановых почв выявляют одинаковую закономерность в профильном распределении величин коэффициентов селективности как в целинных, так и в мелиорированных почвах: они максимальны в самых верхних горизонтах, в то время как нижние горизонты ВЗ и ВС менее селективны к Na. Это значит, что в верхних горизонтах профиля лугово-каштановых почв более вероятно развитие процессов осолонцевания.

Агролесомелиорация приводит к некоторому увеличению коэффициента селективности Ca-Na в пахотных горизонтах благодаря повышению степени дисперсности глинистых минералов и соответственно увеличению доли наиболее селективной к натрию их внешней удельной поверхности, а также уменьшению содержания органического вещества.

В результате проведения модельного эксперимента по изучению обмена Ca-Na было показано, что горизонты лугово-каштановой почвы проявляют селективность к натрию, при доле обменного Na в горизонте A1, равной 0.34 и 0.28 – в горизонте BCca.

На основании полученных в модельном опыте значений K_{Ca-Na} при разных значениях SAR дают возможность прогноза развития осолонцевания в исследованных почвах при подъеме уровня грунтовых вод.

В настоящее время при подъеме уровня грунтовых вод на территории Джаныбекского стационара на первых стадиях взаимодействия почвы с грунтовыми водами в них не следует ожидать интенсивного развития процессов осолонцевания и устойчивого закрепления Na в ППК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 272 с.
2. Иванова С.А., Понизовский А.А. Использование ионоселективных электродов для исследования изотерм катионного обмена в почвах // Ионметрия в почвоведении. Пушкино, 1987. С. 122–130.
3. Классификация и диагностика почв СССР. М., 1977, 223 с.
4. Повышение продуктивности полупустынных земель Северного Прикаспия. М.: Наука, 1989. 200 с.
5. Роде А.А., Польский М.Н. Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Тр. Почв. Ин-та им. В.В. Докучаева. 1961. Т. 56. С. 3–214.
6. Романенков В.А. Изменение почвенно-поглощающего комплекса солончаковых солонцов при мелиорации // Повышение продуктивности полупустынных земель Северного Прикаспия. М.: Наука, 1989. С. 48–59.
7. Спозито Г. Термодинамика почвенных растворов. Л.: Гидрометиздат, 1984. 240 с.

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И ДИАГНОСТИКА ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ ПОЧВ ЮГА ТАМБОВСКОЙ РАВНИНЫ

Т.В. Красина

Мичуринский государственный аграрный университет

Почвенный покров водоразделов юга Тамбовской равнины представлен комплексом почв черноземного ряда. Типичный чернозем приурочен к наиболее дренированным участкам, черноземовидные почвы поверхностно-грунтового увлажнения – к участкам с глубиной залегания грунтовых вод 3–5 м. Урожайность зерновых на этих почвах определяется весенними запасами влаги в почве и варьирует по годам. Черноземовидные солонцы и солонцеватые почвы характерны для пониженных участков с глубиной грунтовых вод 1.5–2.0 м. Дополнительное увлажнение глубоких солонцов и солонцеватых почв обеспечивает стабильно высокий урожай зерновых.

ВВЕДЕНИЕ

Впервые указания на широкое распространение лугово-черноземных почв на водоразделах юга Окско-Донской равнины появились в работах Н.Н. Никаноровой [6], Н.Н. Розова, О.А. Вадковской [7] и Б.П. Ахтырцева [2, 3]. Е.М. Самойлова [8] и В.К. Бугаевский [4] большое внимание уделили изучению луговых солонцов содового засоления Токаревского района области. Однако в последние десятилетия исследования почти прекратились. Вместе с тем до настоящего времени остается не выясненным вопрос продуктивности черноземовидных почв в годы различной влагообеспеченности и целесообразность дифференцированного их применения в сельском хозяйстве. Обследование пашни ООО «Уваровская Нива» в 2008 г. выявило наличие значительных площадей переувлажненных почв. Очаги переувлажнения существенно различаются по состоянию естественной и культурной растительности. На отдельных участках заболачивание сопровождается активным ростом влаголюбивой растительности, на других – наблюдается угнетение культурной и естественной растительности. Почвенное обследование показало наличие двух рядов почв, существенно различающихся между собой и отличающихся от типичного чернозема.

Цель настоящих исследований: изучить эколого-гидрологические особенности типичного чернозема и черноземовидных почв поверхностного и грунтового увлажнения юга Тамбовской равнины и оценить возможность их рационального использования в естественном состоянии.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Непосредственным объектом исследований послужили два ряда почв на водоразделе рек Ворона и Савала юга Тамбовской равнины.

Первая catena представлена типичным черноземом, который приурочен к наиболее дренированным участкам водораздела в непосредственной близости от крупных глубоких балок, черноземовидной типичной глубокооглеенной почвой на склоне и черноземовидной оподзоленной глееватой почвой на дне обширного понижения, расположенного на возвышенном участке водораздела. Переувлажнение обусловлено пресными поверхностными водами с минерализацией 0.4 г/л, грунтовые воды гидрокарбонатно-кальциевого состава находятся на глубине 2–3 м. Вторая catena приурочена к пониженному участку водораздела и представлена черноземовидной глубокооглеенной солонцеватой почвой, черноземовидным глубоким солонцом и черноземовидным поверхностным солонцом. Переувлажнение обусловлено грунтовыми водами гидрокарбонатно-натрий-кальциевого состава, находящимися на глубине 1.5–2 м.

При выполнении исследований использовали следующие методы: гранулометрический состав почвы определяли по Долгову и Личмановой; плотность твердой фазы – пикнометрически; плотность почвы – цилиндрами объемом 100 см³; максимальную гигроскопическую влажность и наименьшую влагоемкость – по Николаеву; влажность устойчивого завядания – методом вегетационных миниатюр; влажность – термостатно-весовым методом [3]; актуальную и обменную кислотность – потенциометрически, гидролитическую – по Каппену, обменные основания вытесняли NH₄Cl, с последующим определением Ca и Mg – комплексонометрически, Na – на пламенном фотометре, учет урожайности зерновых и биомассы трав – выкашиванием делянок площадью 2х2 м [1, 9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Типичный чернозем характеризуется наличием карбонатного и гумусового горизонта зернистой структуры 80–110 см. Вскипание наблюдается с глубины 60 см. Новообразования представлены карбонатным мицелием из ориентированных призматических кристаллов кальцита и однородными округлыми белыми конкрециями 3–4 см с глубины 200 см.

Мощность гумусового горизонта черноземовидной типичной глубокооглеенной почвы увеличивается до 100–120 см. Кратковременный весенний застой влаги способствует формированию подплужной подошвы, образованию марганцевых вкраплений (новообразований) в переходном горизонте и пятен оглеения на глубине 170–200 см. Карбонатный материал представлен мучнистыми вкраплениями со 100 см и редкими угловатыми карбонатными светло бурыми плотными конкрециями на глубине 120–150 см. Застойно-промывной водный режим верхних горизонтов ведет к формированию мелких 0.5–1 мм черных округлых ортштейнов.

Ежегодное длительное застаивание поверхностных вод в профиле черноземовидной оподзоленной глееватой почве ведет к сокращению мощности гумусового горизонта до 60–70 см, формированию обильных «скелетан» в его нижней части, появлению марганцевых вкраплений и оглеенных гумусовых светло-серых кутан в переходном горизонте. Карбонаты вымыты на глубину 150 см. Они представлены карбонатными прожилками и сильно угловатыми светло-бурыми конкрециями 2–3 см. Поверхность конкреций изрыта кавернами, ядро стекловидное с марганцевыми вкраплениями. В верхних длительно обводненных горизонтах многочисленны угловато-округлые 2–3 мм черные и бурые ортштейны.

На участках с близким залеганием грунтовых вод формируется комплекс солонцовых почв, существенно отличающихся по морфологии от черноземовидных почв поверхностно-грунтового заболачивания и типичного чернозема. Эти почвы характеризуются сокращением мощности гумусового горизонта до 60–70 см, трансформацией структуры из зернистой в столбчато-призматическую и формированию нескольких подгоризонтов с различными по форме, плотности и цвету карбонатными конкрециями.

Черноземовидная солонцеватая почва составляет фон пониженного участка водораздела, естественная растительность представлена злаковыми группировками, формирующими 100 % проектное покрытие. Солонцеватость морфологически проявляется в образовании черных плотных кутан, покрывающих поверхности педов солонцового горизонта. Нижняя часть профиля оглеена, в гумусовом горизонте встречаются округлые пестрые ортштейны 1–2 мм. Карбонатные конкреции в горизонте АВса (зоне периодического влияния капиллярной каймы) – бурые 1–2 см округлые и плотные, в горизонте В1 (постоянного влияния капиллярной каймы) – недифференцированные пористые белые до 2–3 см в диаметре, в горизонте В2 на верхней границе грунтовых вод – угловатые, светло бурые 1–2 см с кавернозной поверхностью и многочисленными марганцевыми вкраплениями.

На черноземовидном глубоком солонце растительные группировки представлены злаково-полынными ассоциациями. Площадь проектного покрытия 80 %. Состояние

культурной растительности удовлетворительное. В гумусовом горизонте формируются пестрые угловато-округлые ортштейны размером 1–2 мм, карбонатные конкреции на границе с переходным горизонтом представлены плотными окристаллизованными серовато-бурыми желваками (2–3 см), окруженными железистой пропиткой, ниже на уровне грунтовых вод располагаются белые кавернозные конкреции диаметром 3–4 см.

Черноземовидный поверхностный солонец выделяется формированием на поверхности корочки, изреженной естественной растительностью и вымочками среди культурной. Солонцовый горизонт покрашен гумусом, выделяется по характерной столбчато-призматической структуре. Весь профиль оглеен, нижний горизонт имеет мраморовидную окраску, образованную сочетанием плотных черных гумусовых кутан, сизых пятен оглеения и белых карбонатных вкраплений на бурово-палевом фоне глинистых отложений. Для гумусовых горизонтов характерны угловатые пестрые ортштейны 1–2 мм. Карбонатные конкреции размером 1–2 см в гумусовом горизонте имеют темно-серую почти черную окраску, они пористые, содержат многочисленные включения ортштейнов. Ниже располагаются темно-серые и светло-серые конкреции (2–3 см), на уровне грунтовых вод – кавернозные светло-бурые до 3 см в диаметре.

Почвы сформировались на легко-глинистых карбонатных покровных отложениях, которые на глубине 1.5–2 м сменяются тяжелосуглинистыми. Для типичного чернозема характерно равномерное распределение ила по профилю. В черноземовидных почвах поверхностно-грунтового увлажнения наблюдается обеднение илом верхних горизонтов и увеличение этой фракции в оглеенных переходных горизонтах. Профиль почв солонцового комплекса резко дифференцирован по иллювиально-эллювиальному типу. Максимум ила наблюдается в солонцовых горизонтах.

Типичный чернозем характеризуется благоприятными для сельскохозяйственных культур физическими свойствами: низкой плотностью, высокой воздухоемкостью (табл. 1). В типичной глубокооглеенной почве наблюдается повышение плотности и снижение пористости в подплужной подошве. В черноземовидной оподзоленной глееватой почве уплотнена вся нижняя часть профиля. Крайне неблагоприятные свойства характерны для солонцовых горизонтов почв второй катены – высокая более 1.4 г/см³ плотность и близкая к нулю воздухоемкость. В черноземовидной солонцеватой почве этот горизонт находится на глубине 70 см, в глубоком солонце – на 60 см, в поверхностном – на 20 см.

Для типичного чернозема характерна нейтральная реакция и преобладание в составе ППК кальция (табл. 1). Заболачивание поверхностными водами сопровождается увеличением обменной и гидролитической кислотности, незначительным увеличением доли магния в составе ППК. Содержание обменного натрия такое же, как и в типичном черноземе (меньше 1 % от ЕКО). Для черноземовидной солонцеватой почвы характерна слабощелочная реакция по всему профилю. В солонцах вниз по профилю происходит смена кислой реакции на щелочную. По сравнению с почвами первой катены, в составе ППК возрастает доля магния и натрия. Глубокий солонец является магниевым (Mg – 41 % ППК солонцового горизонта), поверхностный солонец – натриевый (Na – 19 % ППК солонцового горизонта).

Наблюдения за режимом влажности, урожайностью сельскохозяйственных культур и учет биомассы трав проводились в 2008–2011 годах. 2008 год характеризовался как очень влажный, 2009 год – сухой за счет низкого количества осадков зимнего периода, 2010 – экстремально сухой, за счет крайне засушливого летнего периода, 2011 – умеренно влажный.

Мощный гумусовый горизонт типичного чернозема обеспечивает во влажные и средние годы оптимальную для растений влажность почвы (ВРК – ППВ) и получение высоких урожаев зерновых (40–50 ц/га). В сухие и засушливые годы влажность к началу лета опускается до значений ВРК и даже ВЗ (2010 г.), и растения рано испытывают дефицит влаги, в результате урожайность зерновых снижается на 30–90 %. Даже во влажные годы запасов влаги в типичном черноземе не хватает для формирования высокой биомассы трав (табл. 2).

Таблица 1. Физические и физико-химические свойства типичных черноземов и черноземовидных почв поверхностного и грунтового увлажнения юга Тамбовской равнины.

Горизонт глубина		Физические свойства						Физико-химические свойства									
		dv	D	n	BЗ	ППВ	Pa	pH _{вод}	pH _{сол}	Hг	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
		г/см ³		% от объема						ммоль/100 г почвы					% от ЕКО		
1. Типичный чернозем																	
A _п	0–12	0.75	2.45	69	12	21	48	7.9	7.4	1.9	39	3	0.1	8.0	0.2		
A ₁	12–65	1.18	2.52	53	19	27	25	7.9	7.4	1.9	40	6	0.2	14.0	0.4		
B _{ca}	100–130	1.31	2.65	50	17	35	14	8.2	7.5	0	41	2	0.1	6.0	0.2		
2. Черноземовидная типичная, глубокооглеенная																	
A _п	0–20	1.06	2.42	55	16	34	21	6.8	5.5	4.2	38	6	0.4	14.0	0.8		
A ₁	43–90	1.12	2.57	56	16	35	20	7.2	5.8	1.7	37	9	0.3	20.0	0.6		
B _{ca}	105–130	1.27	2.61	51	16	37	13	8.0	7.4	0	36	10	0.2	23.0	0.4		
3. Черноземовидная оподзоленная глееватая																	
A _д	0–20	0.72	2.37	69	10	24	45	7.9	5.4	7.0	28	2	0.1	9.3	0.3		
A ₁	20–60	1.32	2.45	46	20	35	10	7.7	5.1	5.0	32	4	0.1	13.2	0.2		
B _{1g}	80–110	1.37	2.57	46	21	41	4	7.7	4.9	4.0	36	1	0.1	4.1	0.2		
4. Черноземовидная солонцеватая																	
A _д	0–10	0.95	2.57	61	15	32	29	8.1	7.4	0.7	34	13	0.7	27.0	1.0		
A ₁	10–37	1.20	2.61	53	19	40	13	8.2	7.4	0.3	30	7	4.0	17.0	9.0		
B _{1ca}	70–105	1.40	2.65	47	22	41	5	8.7	7.4	0.2	30	10	3.0	23.0	7.0		
C _{ca}	130–150	1.33	2.56	47	19	37	10	8.6	7.5	0.2	31	10	0.8	25.0	1.0		
5. Черноземовидный глубокий солонец																	
A _{1g}	17–40	1.21	2.5	52	20	41	11	7.8	5.4	1.0	32	16	0.8	33.0	1.0		
B _{1cag}	65–80	1.42	2.6	46	21	44	1	8.3	7.2	0.4	26	18	1.0	39.0	3.0		
C _{ca}	104–120	1.31	2.6	49	19	39	10	8.4	7.4	0.3	25	20	2.0	41.0	5.0		
6. Черноземовидный поверхностный солонец																	
K	0–0.5	0.86	2.5	65	12	25	39	7.1	5.9	1.4	20	2	0.1	10.0	0.4		
A _п	0–20	1.15	2.6	55	20	43	11	8.5	7.4	0.6	32	7	2.0	17.0	5.0		
A _{пп}	20–27	1.40	2.5	45	23	46	0	8.6	7.4	0.2	27	9	8.0	20.0	19.0		
B ₁	110–140	1.46	2.6	44	23	43	1	9.0	7.6	0.2	30	9	3.0	21.0	6.0		

dv – плотность сложения почвы; D – плотность твердой фазы; n – пористость; ВЗ – влажность завядания; ППВ – предельная полевая влагемкость; Pa – пористость аэрации при влажности равной ППВ; pH_{вод} – актуальная кислотность; pH_{сол} – обменная кислотность; Нг – гидролитическая кислотность; ЕКО – емкость катионного обмена

Водный режим черноземовидной глубокооглеенной почвы характеризуется контрастностью: во влажные годы наблюдается переувлажнение верхних горизонтов, в сухие – водный режим такой же, как и на типичном черноземе. В профиле черноземовидной оподзоленной глееватой почве верховодка наблюдалась ежегодно за исключением экстремально сухого 2010 г. На черноземовидной глубокооглеенной почве урожайность зерновых не ниже, чем на типичном черноземе, а урожайность многолетних трав во влажные годы существенно выше. Ежегодный застой влаги в черноземовидной оподзоленной глееватой почве определяет вымочки озимых и невозможность посева яровых, однако высокие запасы влаги позволяют получать стабильно высокую урожайность многолетних трав (табл. 2).

Водный режим почв второй катены определяется близким уровнем грунтовых вод и застоем поверхностных вод на уплотненном горизонте. В сухие годы гумусовые горизонты этих почв иссушаются до значений ВРК позже, чем типичного чернозема и почв поверхностного заболачивания. Крайне неблагоприятный водный режим характерен для черноземовидного поверхностного солонца: верхние 20 см испытывают контрастное чередование застоев влаги и иссушения до ВЗ; нижние горизонты большую часть времени обводнены.

Лучшая обеспеченность влагой определяет повышение в засушливые годы урожайности зерновых на черноземовидной солонцеватой почве и черноземовидном глубоком солонце на 50 % по сравнению с типичным черноземом. В тоже время урожайность многолетних трав в 3–4 раза ниже, чем на черноземовидных почвах поверхностно-грунтового

заболачивания. Снижение их продуктивности обусловлено тем, что растениям доступна влага только верхних горизонтов с нейтральной и слабокислой реакцией.

Таблица 2. Диагностика и эколого-гидрологическая характеристика типичных черноземов и черноземовидных почв поверхностного и грунтового увлажнения юга Тамбовской равнины.

Почва	Водный режим	Признаки оглеения	Карбонатные конкреции	Урожайность зерновых, ц/га	Биомасса трав, ц/га
Типичный чернозем	Периодически промывной	Нет	Однородные, белые, 2–5 см	35–50	120–140
Почвы поверхностного увлажнения и заболачивания					
Черноземовидная типичная	Во влажный год застой влаги в пахотном горизонте до середины мая	Мп вкрапления глинистые кутаны, ортштейны	Двухслойные, белые, 1–2 см	40–45, во влажные годы вымочки	300–350
Черноземовидная оподзоленная глееватая	Во влажные и средние годы застой влаги до начала июня	Мп вкрапления, скелетаны, гумусовые кутаны, пятна оглеения	Сильно угловатые, белые с Мп вкраплениями 2–3 см	ежегодные вымочки	350–390
Почвы грунтового заболачивания (грунтовые воды на 1.5 м)					
Черноземовидная солонцеватая	застой влаги в горизонте А1 отсутствует	Ортштейны, гумусовые кутаны	Светло-бурые 2–3 см плотные	40–50	100–120
Черноземовидный глубокий солонец	Застой влаги на глубине 60–70 см до 1 месяца	Ортштейны, гумусовые кутаны	Бурые 3–5 см очень плотные	40–50	80–100
Черноземовидный поверхностный солонец	Поверхностный застой влаги до 1 месяца	Ортштейны, гумусовые кутаны, пятна оглеения	Темно-серые до черных, 1–3 см	Ежегодные вымочки	50–60

ВЫВОДЫ

1. На типичных черноземах можно размещать полевые севообороты, с обязательным введением чистых паров для накопления влаги. Полезны влагозарядковые поливы и капельное орошение.
2. На черноземовидных глубокооглеенных почвах следует размещать полевые севообороты с занятыми парами. Периодически почвы нуждаются в глубоком рыхлении для разрушения подплужной подошвы.
3. Черноземовидные глееватые почвы следует использовать под посевы многолетних трав и для размещения сенокосов и пастбищ.
4. Черноземовидные солонцеватые почвы и черноземовидные глубокие солонцы можно использовать под посевы культур, выдерживающих слабощелочную реакцию (зерновые, сахарная свекла). Для возделывания кислотолюбивых культур (картофель, гречиха) и многолетних трав эти почвы не подходят.
5. Черноземовидные поверхностные солонцы нуждаются в мелиорации: рыхлении и землевании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
2. Ахтырцев Б.П. К характеристике лугово-черноземных почв юга Окско-Донской низменности // Биол. науки, 1960. № 1. С. 188–192.
3. Ахтырцев Б.П. Почвенные комплексы Окско-Донской низменности // Известия Воронеж. отд. геогр. Об. СССР. Вып.4. Изд-во ВГУ. Воронеж, 1962. С 161–168.
4. Бугаевский В.К. О структуре почвенного покрова луговых почв лесостепи // Биологические науки, 1972. № 2. С. 124–128.

5. Вадюнина А.Ф. Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 415 с.
6. Никанорова Н.И. Естественнo-исторические условия Каменной степи и основных почвенных разновидностей. В кн.: Вопросы травопольной системы земледелия. Т. 2. М., 1953. С. 55–204.
7. Розов Н.И., Вадковская О.Л. Почвы // В кн.: Лесостепь и степь Русской равнины. М.: АН СССР, 1956. С. 107–124.
8. Самойлова Е.М. Луговые почвы Европейской лесостепи. Автореферат докторской дис. М., 1978, 48 с.
9. Теория и практика химического анализа почв. Под ред. Л.А. Воробьевой. М.: Изд-во ГЕОС, 2006. 400 с.

Работа рекомендована доцентом, к.б.н. Степанцовой Л.В.

УДК 631.4

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДБУРОВ ИЛЛЮВИАЛЬНО-ГУМУСОВЫХ ГЛЕЕВЫХ, СФОРМИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА

М.А. Лазарева

Санкт-Петербургский государственный университет

В данном исследовании оцениваются физические параметры иллювиально-гумусовых глеевых подбуров, сформированных в условиях северо-востока Карельского перешейка, по их устойчивости к действию внешних и внутренних факторов окружающей среды. Оценка физических параметров проводится на основе закономерностей распространения данных почв, а так же изменения физико-химических, физических свойств по профилям исследуемых почв под действием естественных факторов окружающей среды и под влиянием карьера.

ВВЕДЕНИЕ

Почва – незаменимое богатство нашей страны. Устойчивость экосистем связана непосредственно с почвой, так как почва является необходимым условием существования жизни на Земле. Экологическая оценка почв напрямую связана с оценкой их физических параметров, поэтому важно для существования биологических объектов оценить параметры физических свойств, влияющие на экологическую устойчивость экосистем.

Карельский перешеек представляет собой своеобразный природный район, почвенный покров которого недостаточно изучен. В его условиях широко распространены подбуры иллювиально-гумусовые глеевые, поэтому оценка физических параметров этих почв является необходимой.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов были выбраны следующие почвы: подбур иллювиально-гумусовый глеевый, сформированный на элювиально-делювиальных отложениях в условиях северо-востока Карельского перешейка и испытывающий влияние карьера, и подбур иллювиально-гумусовый глеевый, сформированный на элювиально-делювиальных отложениях в условиях северо-востока Карельского перешейка и не испытывающий подобного влияния. Почвы были названы в соответствии с классификацией почв России 2004 г.

Данные почвы были сформированы в пределах средней плоской части террасированного склона селыги. Растительность: ель, сосна, черника, зеленые мхи.

В исследовании использовались методы определения показателей физико-химических свойств почв: определение содержания углерода методом Тюрина, определение активности ионов водорода (измерение pH водных суспензий и солевых вытяжек из почв), определение гигроскопической влажности почв, определение потери при прокаливании; и методы определения показателей физических свойств почв: определение общей удельной поверхности почвы по равновесной влажности почвы над насыщенным раствором уксуснокислого калия (метод Кутилека), определение максимальной гигроскопичности, определение плотности твердой фазы почвы с помощью пикнометра, определение гранулометрического и микроагрегатного состава по Н.А. Качинскому (седиментационным методом).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. По данным физико-химических и физических свойств (табл. 1) видно, что подбур и иллювиально-гумусовые глеевые характеризуются высоким содержанием углерода (3.2–4.9 %). Это связано с приуроченностью иллювиально-гумусовых глеевых подбуров к средней части склона сельги, к территориям террас, представляющим собой плоские поверхности. В таких условиях идет аккумуляция веществ, подвижных в данной местности (гумус, железо, алюминий), а также влаги. Содержание углерода постепенно снижается вниз по профилям данных почв. Это связано с альфегумусовым процессом (вынос гумуса, Al, Fe в нижележащие горизонты). Почвы имеют кислую (pH_{H_2O} 4.5–4.9) реакцию среды по всему профилю, pH_{KCl} коррелирует с pH_{H_2O} . Плотность твердой фазы, варьирующая от низкой (2.6 г/см³) до высокой (2.8 г/см³), коррелирует с содержанием углерода, с гигроскопической влажностью, с потерей при прокаливании, с максимальной гигроскопичностью, с удельной подбур поверхностью, с гранулометрическим составом данных почв.

Таблица 1. Динамика изменения физико-химических и физических свойств подбуров иллювиально-гумусовых глеевых, сформированных на элювиально-делювиальных отложениях в условиях северо-востока Карельского перешейка.

Горизонт/ глубина, см	Глубина отбора образца, см	Сорг. по Тюрину, %	pH_{H_2O}	pH_{KCl}	ГВ, %	ППП, %	Удельн. пов. (S_0), м ² /г	Макс. гигр., %	Плотн. тв. фазы, г/см ³
Подбур иллювиально-гумусовый глеевый, сформированный на элювиально-делювиальных отложениях в условиях северо-востока Карельского перешейка и не испытывающий влияние карьера									
О (0+9)	2+7	–	4.9	3.5	–	–	–	–	–
ВН ₁ (0–48)	19–38	4.9	4.7	4.2	7.1	11.8	83.5	4.4	2.6
ВН ₂ (48–63)	50–62	3.7	4.9	4.7	5.9	9.9	55.7	3.4	2.7
СГ (63–71)	64–70	1.6	4.9	4.5	3.2	6.8	49.6	2.3	2.7
Подбур иллювиально-гумусовый глеевый, сформированный на элювиально-делювиальных отложениях в условиях северо-востока Карельского перешейка и находящийся под влиянием карьера									
О (0+7)	2+5	–	5.6	5.1	–	–	–	–	–
ВН ₁ (0–13)	9–11	3.2	4.5	4.1	4.9	8.8	50.6	2.4	2.6
ВН ₂ (13–25)	16–22	3.0	4.5	4.2	5.1	8.6	43.7	2.1	2.6
ВН ₃ (25–62)	37–50	2.6	4.7	4.3	4.1	6.9	49.1	1.7	2.6
ВНФ (62–96)	72–86	1.3	4.9	4.6	3.0	4.1	43.7	1.6	2.8
СГ (96–111)	98–109	0.9	4.7	4.3	2.1	2.9	31.1	1.3	2.8

Подбур иллювиально-гумусовый глеевый, находящийся под влиянием карьера, по сравнению с почвой, не испытывающей подобного влияния, характеризуется более низкими значениями содержания углерода, и, следовательно, гигроскопической влажности, потери при прокаливании, максимальной гигроскопичности, удельной поверхности. Небольшое повышение pH_{H_2O} в подстилке по сравнению с минеральной частью профиля почвы (pH 5.6 – слабокислый) связано с привносимой с карьера гранитной пылью (pH гранита 6.0–6.5, в результате выветривания первичных минералов в граните выходят щелочноземельные катионы, и происходит подщелачивание подстилки).

2. Данные гранулометрического состава (табл. 2) показали, что подбуры иллювиально-гумусовые глеевые среднесуглинистые (содержание частиц <0.01 мм составляет 30–40 %). Вниз по профилю данных почв наблюдается утяжеление гранулометрического состава, что связано с глеевым процессом. Из фракций гранулометрического состава в данных почвах преобладают фракции мелкого песка (размер частиц 0.25–0.05 мм), крупной пыли (размер частиц 0.05–0.01). Почвы характеризуются низким содержанием ила, его снижением вниз по профилю, что коррелирует с содержанием углерода.

Для подбура иллювиально-гумусового глеевого, не испытывающего влияние карьера, характерно возрастание содержания ила на глубине 63–71 см, что связано с влиянием грунтовых вод (привнос ила).

Подбур иллювиально-гумусовый глеевый, находящийся под влиянием карьера, по сравнению с почвой, не испытывающей подобное влияние, характеризуется более низкими значениями содержания ила в профиле.

Таблица 2. Гранулометрический состав подбуров иллювиально-гумусовых глеевых, сформированных на элювиально-делювиальных отложениях в условиях северо-востока Карельского перешейка

Горизонт/ глубина, см	Глубина отбора образцов, см	Размер частиц, мм						Сумма фракций <0.01 мм
		1–0.25	0.25– 0.05	0.05– 0.01	0.01– 0.005	0.005– 0.001	<0.001	
		Содержание фракций (%)						
Подбур иллювиально-гумусовый глеевый, сформированный на элювиально-делювиальных отложениях в условиях северо-востока Карельского перешейка и не испытывающий влияние карьера								
BH ₁ (0–48)	19–38	25.8	22.9	21.1	4.5	14.3	11.4	30.2
BH ₂ (48–63)	50–62	18.8	24.9	32.8	5.3	13.7	4.5	23.5
CG (63–71)	64–70	18.6	20.8	28.4	9.2	12.8	10.2	32.2
Подбур иллювиально-гумусовый глеевый сформированный на элювиально-делювиальных отложениях в условиях северо-востока Карельского перешейка и находящийся под влиянием карьера								
BH ₁ (0–13)	9–11	17.0	27.4	21.2	8.3	16.0	10.1	34.4
BH ₂ (13–25)	16–22	17.8	23.5	26.2	7.4	17.3	7.8	32.5
BH ₃ (25–62)	37–50	13.7	23.3	32.4	7.3	18.2	5.1	30.6
BHF (62–96)	72–86	20.1	13.8	30.0	13.5	18.8	3.8	36.1
CG (96–111)	98–109	9.1	8.2	36.2	15.1	26.3	5.1	46.5

3. Данные микроагрегатного анализа (табл. 3) выявили, что для подбуров иллювиально-гумусовых глеевых характерна хорошая микрооструктуренность (коэф. дисп. по Н.А. Качинскому составляет 15–25 %), что связано с высоким содержанием углерода, следовательно, хорошая устойчивостью к действию внешних и внутренних факторов ок-

ружающей среды. Вниз по профилю данных почв наблюдается ухудшение микрооструктурности, что связано со снижением содержания углерода и ила.

В темногумусовой глеевой почве, не находящейся под влиянием карьера, на глубине 48–63 см, наблюдается резкое ухудшение микрооструктурности (коэф. дисп. по Н.А. Качинскому >40 %), что связано с резким снижением на данной глубине содержания ила и со снижением содержания углерода.

Подбур иллювиально-гумусовый глеевый, находящийся под влиянием карьера, по сравнению с почвой, не испытывающей подобного влияния, характеризуется ухудшением микрооструктурности, что связано с меньшими значениями содержания углерода и ила, и соответственно, данная почва характеризуется снижением устойчивости к действию внешних и внутренних факторов окружающей среды.

Таблица 3. Микроагрегатный состав подбуров иллювиально-гумусовых глеевых, сформированных на элювиально-делювиальных отложениях в условиях северо-востока Карельского перешейка

Горизонт, глубина, см	Глубина отбора образцов, См	Размер микроагрегатов, мм						Коэф. дисп. по Н.А. Ка- чинскому, %
		1–0.25	0.25– 0.05	0.05– 0.01	0.01– 0.005	0.005– 0.001	<0.001	
		Содержание фракций, %						
Подбур иллювиально-гумусовый глеевый, сформированный на элювиально-делювиальных отложениях в условиях северо-востока Карельского перешейка и не испытывающий влияние карьера								
ВН ₁ (0–48)	19–38	50.4	31.0	16.7	0.1	0.2	1.6	14.0
ВН ₂ (48–63)	50–62	51.8	27.5	16.7	1.6	0.4	2.0	44.4
CG (63–71)	64–70	34.9	31.4	27.6	3.4	0.8	1.9	18.6
Подбур иллювиально-гумусовый глеевый, сформированный на элювиально-делювиальных отложениях в условиях северо-востока Карельского перешейка и находящийся под влиянием карьера								
ВН ₁ (0–13)	9–11	33.9	46.5	16.1	1.5	0.2	1.8	17.8
ВН ₂ (13–25)	16–22	61.1	9.0	24.8	2.2	1.2	1.7	21.8
ВН ₃ (25–62)	37–50	48.8	0.2	38.5	6.9	3.6	2.0	39.2
ВНГ (62–96)	72–86	25.0	26.6	36.9	5.9	4.0	1.6	42.1
CG (96–111)	98–109	29.2	18.5	34.3	10.6	5.7	1.7	33.3

ВЫВОДЫ

В результате исследования было выявлено следующее:

1. Устойчивость данных почв, т.е. их способность сохранять структуру и функциональные особенности под действием внешних и внутренних факторов окружающей среды, варьирует главным образом в зависимости от содержания углерода и ила. С возрастанием содержания углерода и ила улучшается микрооструктурность, и как следствие, возрастает устойчивость почв к действию внешних и внутренних факторов окружающей среды.

Подбур иллювиально-гумусовый глеевый характеризуется высоким содержанием углерода, низким содержанием ила, хорошей микрооструктурностью, следовательно, хорошей устойчивостью к действию внешних и внутренних факторов окружающей среды.

2. Для подбура иллювиально-гумусового глеевого, находящегося под влиянием карьера, по сравнению с почвой, не испытывающей подобное влияние, характерно снижение содержания углерода и ила, ухудшение микрооструктурности, и соответственно, снижение устойчивости к действию внешних и внутренних факторов окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980.
2. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986.
3. *Деградация и охрана почв:* Учеб. пособие / Под ред. Г.В. Добровольского. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 654 с.
4. *Добровольский Г.В., Урусевская И.С.* География почв: Учебник. – 3-е изд. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 460 с.
5. *Пономарева В.В., Плотникова Т.А.* Гумус и почвообразование. – Л.: Наука, 1980.
6. *Растворова О.Г.* Физика почв: Практическое руководство. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. – 196 с.
7. *Рожнова Т.А.* Почвенный покров Карельского перешейка. – М.: Изд-во АН СССР, 1963.
8. *Розанов Б.Г.* Морфология почв: Учебник. – М.: Академический Проект, 2004. 432 с.
9. *Смагин А.В., Садовникова Н.Б. и др.* Экологическая оценка биофизического состояния почв. – М.: Изд-во МГУ, 1999.
10. *Шеин Е.В., Карпачевский Л.О.* Толковый словарь по физике почв. – М.: ГЕОС, 2003.
11. *Cambell G.S.* Soil physics with BASIC. – Elsevier, 1985.
12. *Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods* / Ed. By Arnold Klure. – SSSA, Madison, Wisconsin: USA, 1986.

Работа рекомендована к.б.н., доцентом Г.А. Касаткиной.

УДК 631.46

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЧВЕННЫХ АКТИНОМИЦЕТОВ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО АДАПТАЦИИ К ТЕМПЕРАТУРЕ И СОДЕРЖАНИЮ СОЛЕЙ В СРЕДЕ

Д.А. Лубсанова

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова

В работе освещаются вопросы зависимости интенсивности дыхания и спектра потребляемых субстратов почвенными актиномицетами от адаптации к температуре и содержанию солей в среде. Основным методом исследования – мультиреспирометрическое тестирование. Показано расхождение температурных групп актиномицетов (психротолеранты, мезофилы и термотолеранты) по спектру потребляемых субстратов. Отмечена тенденция галотолерантных штаммов по сравнению с негалофильными к более интенсивному потреблению субстрата в градиенте концентраций NaCl от 0.05 до 5 %.

Почва является важнейшим звеном в биогеохимическом цикле углерода. Например, дыхание почвенных микроорганизмов в значительной мере регулирует поступление в атмосферу такого «парникового» газа, как CO₂. При этом почвенный покров Земли разнообразен по набору экологических факторов, в частности по температурному и солевому режимам. Последний, в свою очередь, значительно изменяется в ходе ирригационной деятельности человека (речь идет о вторичном засолении). Понимание закономерностей действия температурного и осмотического факторов на активность жизнедеятельности микробных популяций имеет как теоретическое, так и практическое значение. Теоретически представляют интерес механизмы адаптаций. С практической точки зрения важно знать, как адаптации к температуре и осмолярности среды влияют на интенсивность микробного дыхания, в ходе которого выделяется углекислый газ. Поэтому актуальна проблема за-

висимости интенсивности дыхания обитателей почвы, в число которых входят грамположительные мицелиальные актинобактерии – актиномицеты, от адаптации к факторам температуры и осмолярности среды.

Цель настоящей работы – сравнительный функциональный анализ почвенных актиномицетов с разной температурной и солевой адаптацией с помощью метода мультиреспирометрического тестирования (МРТ).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования в опыте по влиянию температурного фактора являлись 12 штаммов актиномицетов: 11 штаммов разных видов рода *Streptomyces* и 1 штамм рода *Saccharomonospora*. По температурным границам роста и температурам выделения штаммы разделили на 3 группы: психротолеранты, мезофилы и термотолеранты. Оптимальные температуры роста психротолерантов + 20°C, мезофилов + 28°C, термотолерантов + 37°C. К группе психротолерантов отнесен умеренный психрофил *S. beijiangensis* шт. 541 с диапазоном роста 0–28°C и оптимумом +5 °C.

В опытах по влиянию фактора солености объектами являлись 12 штаммов разных видов рода *Streptomyces*, выделенных на среде Гаузе 1 с 0.05 %-ной и с 5 %-ными концентрациями солей Na₂SO₄ и MgCl₂. Непосредственно перед опытом штаммы выращивались на среде Гаузе 1 с 0.05%-ной и 5%-ной концентрациями NaCl.

Непосредственно перед постановкой опытов МРТ *S. badius* шт.13, выделенный на среде Гаузе 1 с 0.05%-ной концентрацией солей, в одном случае культивировали на среде Гаузе 1 с 0.05 % NaCl, в другом – на среде Гаузе 1 с 5 % NaCl. Таким образом, следили за влиянием условий прединкубации.

Метод исследования – метод мультиреспирометрического тестирования (МРТ) [2], результаты которого обрабатывались методами многомерной статистики – кластерным и дискриминантным анализом. МРТ основан на анализе показателей дыхания сообщества или популяций на разных ресурсах [2]. Использовали модифицированный метод МРТ [1], в котором для посева актиномицетов применяются специальные тест-планшеты (24-х луночные планшеты NUNC, Denmark). В каждую ячейку вносили по 0.5 мл суспензии, содержащей суспензию актиномицета с высокой популяционной плотностью (не менее 10⁹ КОЕ/мл) и пищевой ресурс. В крышку планшеты заливали индикаторный гель с необходимыми для регистрации CO₂ компонентами. Необходимая герметизация обеспечивается при достаточной толщине слоя агара (приблизительно 2–3 мм). Планшеты инкубируются при 28 °C в течение 3-х суток. В зависимости от количества образовавшегося в ячейках углекислого газа изменяется оптическая плотность гелевого материала. Интенсивность окраски индикаторного геля оценивали колориметрически с помощью специальной программы. Анализ данных, полученных при сканировании крышек с индикаторным гелем, производился с помощью методов многомерной математической статистики (STATGRAPHICS Plus 5.1.).

В опыте с актиномицетами с разной температурной адаптацией в качестве пищевого ресурса использовали один из трех субстратов: гистидин, маннитол, сахарозу (в концентрации 35 мг/мл). В качестве контроля в соответствующие ячейки заливали дистиллированную воду. В опытах с актиномицетами, различающимися по солевой адаптации в каждую ячейку вносили жидкую среду Гаузе-1, где крахмал был заменен на сахарозу, а концентрация NaCl была соответственно 0.05 %; 0.5 %; 2 % и 5 %. Таким образом, создавался градиент концентрации NaCl при постоянстве субстрата.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

МРТ актиномицетов, различных по температурным адаптациям, уже на качественном уровне выявило различия в характере потребления субстратов. После оцифровки данных был проведен кластерный анализ, который позволяет в первом приближении вы-

явить обособленные объекты со сходными характеристиками. Особым кластером выделилась группа термотолерантов, остальные популяции вошли в другой кластер.

Далее проводилась обработка данных с помощью дискриминантного анализа. В этом анализе также обрабатываются объекты с соответствующими характеристиками, но теперь уже мы объединяем объекты в нужные группы и задаем независимые переменные, по которым программа, если возможно, находит некоторые функции. Эти функции называются дискриминантными и могут с той или иной долей вероятности определить, к какой из заданных нами групп относится конкретный объект с известными для него независимыми переменными. В нашем случае мы разделили все объекты на три условные температурные группы: психротолеранты, термотолеранты и мезофилы. В качестве независимых переменных были выбраны показатели потребления гистидина, маннитола и сахарозы (аргументы обозначены соответственно *hyst*, *man* и *sucrose*).

Были выявлены две дискриминантные функции, которые в нестандартизованном виде (для натуральных значений признаков) имеют следующий вид:

Функция 1 = $-0.0429827 \cdot \text{hyst} + 4.50919 \cdot \text{man} + 2.31626 \cdot \text{sucrose}$,

Функция 2 = $1.35578 \cdot \text{hyst} + 4.75545 \cdot \text{man} - 3.64394 \cdot \text{sucrose}$.

Дискриминантный анализ исследуемого множества популяций позволил решить диагностическую задачу определения психротрофных, мезофильных и термотолерантных актиномицетов в 83 % случаев с помощью двух дискриминантных функций.

В пространстве найденных дискриминантных функций построили диаграмму рассеивания (рис. 1), на которой соответствующими знаками обозначается расположение объектов анализа и центроидов выделенных групп. Центроид представляет собой центр области нахождения группы. По графику и координатам центроидов видно, что объекты группы термотолерантов образуют самостоятельную, четко выраженную группировку, не пересекающуюся с другими классами. Центроиды групп психротолерантов и мезофилов находятся ближе друг к другу, области психротолерантов и мезофилов частично перекрываются. Умеренный психрофил *S. beijiangensis* из группы психротолерантов располагается отдельно от членов своей группы. Можно предположить, что эконисы почвенных психротолерантных, мезофильных и термотолерантных актиномицетов расходятся не только по фактору температуры, но и по другим измерениям, отражающим спектры потребляемых ресурсов.

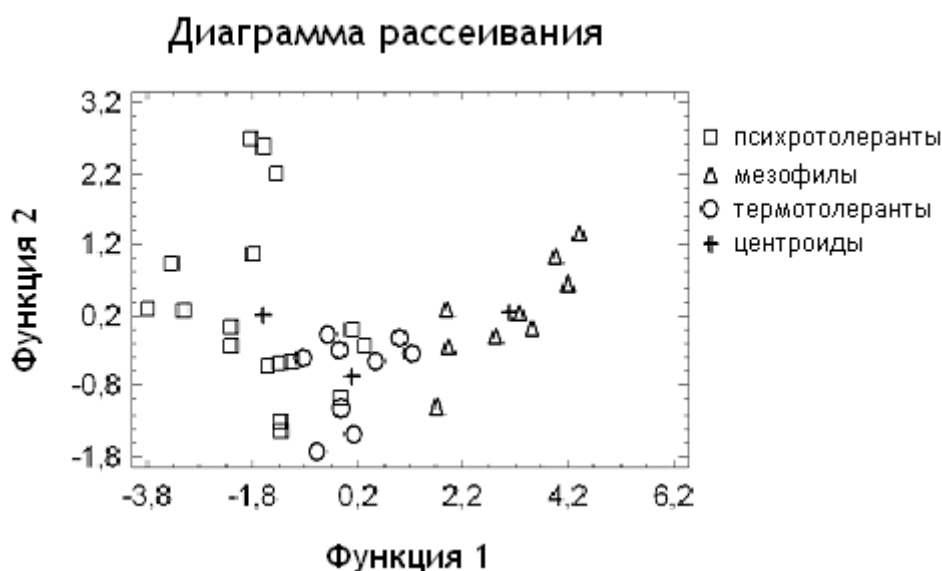


Рисунок 1. Результаты дискриминантного анализа.

Температура проведения опыта (инкубации планшет) +28 °С, что приблизительно соответствует оптимуму роста группы мезофилов. Оптимальные температуры роста психротолерантов расположены соответственно ниже +28 °С. Поскольку в данном случае

тестирование объектов проводилось только при температуре +28 °С, т.е. при температуре близкой к оптимальной именно для мезофилов, можно было ожидать относительно высокие показатели активности именно у мезофильных актиномицетов. Действительно, эти популяции проявляли достаточно выраженную активность. Вместе с тем, оказалось, что еще более высокие уровни активности зарегистрированы в случае с психротолерантными популяциями, причем гиперактивностью, особенно в потреблении маннитола, отличается *S. beijiangensis* шт. 541 – психротолерант, характеризующийся зоной оптимального роста, лежащей в области более низких температур по сравнению с другими объектами группы психротолерантов. Этот результат представляется весьма неожиданным и (в случае его подтверждения в дополнительных исследованиях) может представлять интерес для прогнозирования активности микроорганизмов при изменении значений температурного диапазона в моделях и сценариях глобального потепления.

Респирометрическое тестирование штаммов, различных по осмолярности среды выделения на качественном уровне показало различия в их активности. Однако кластерный анализ не позволил четко обособить штаммы, различные по осмолярности среды выделения и среды культивирования. Тем не менее, у штаммов, предынкубированных на среде с 5%-ной концентрацией соли, наблюдаем тенденцию к более активному потреблению субстрата во всем диапазоне концентраций NaCl по сравнению со штаммами, выделенными и культивируемыми на среде с концентрацией соли 0.05 %. Наблюдение за изменением активности *S. badius* шт.13 выявило более высокую активность потребления субстрата во всем созданном градиенте концентраций NaCl в случае предварительного культивирования штамма на среде Гаузе 1 с 5 % NaCl по сравнению с активностью штамма при предынкубации на среде с 0.05 % NaCl. Можно предположить, что на активность потребления субстрата в значительной степени влияют условия предынкубации, что может быть связано с перестройкой метаболизма как одного из механизмов адаптации к повышенной осмолярности среды.

ВЫВОДЫ

1. Мультиреспирометрическое тестирование почвенных актиномицетов (24 популяций) с отличными друг от друга предпочтениями по фактору температуры и солености среды позволило выявить некоторые функциональные особенности исследуемых популяций.
2. Анализ полученной информации с помощью кластерного анализа показал возможность разделения объектов на два класса, один из которых был представлен только термотолерантными популяциями.
3. Дискриминантный анализ исследуемого множества популяций позволил решить диагностическую задачу определения психротолерантных, мезофильных и термотолерантных актиномицетов в 83 % случаев с помощью двух дискриминантных функций. И в этом случае термотолерантные популяции образуют особую группировку, не пересекающуюся с другими классами.
4. Выявлено, что эконисы почвенных психротрофных, мезофильных и термотолерантных актиномицетов расходятся не только по фактору температуры, но и по другим измерениям, отражающим спектры потребляемых ресурсов.
5. Отмечена тенденция к более активному потреблению субстрата во всем диапазоне созданного градиента концентраций NaCl популяциями, предынкубированными на средах с повышенной осмолярностью (5 % NaCl), по сравнению с потреблением субстрата популяциями, выращенными на среде с небольшим содержанием соли (0.05 % NaCl) вне зависимости от осмолярности среды выделения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Марченко С.А., Панкратов Т.А., Горленко М.В., Кожевин П.А.* Мультисубстратное тестирование природных микробных сообществ в почве. Вестник Моск. ун-та. Серия 17., почвоведение. 2005. №2. с. 44–48.
2. *Campbell C.D., Chapman, S.J., Cameron, C.M., Davidson, M.S. and Potts, J.M.* A Rapid microtiter plate method to measure carbon dioxide evolved from carbon substrate amendments so as to determine the physiological profiles of soil microbial communities by using whole soil // *Applied and Environmental Microbiology*. 2003. Vol. 69. N 6. P. 3593–3599.

Работа рекомендована д.б.н., профессором Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова Г.М. Зеновой и д.б.н., ведущим научным сотрудником кафедры биологии почв факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова П.А. Кожевиным.

УДК 631.4(477.83)

ЗАРОЖДЕНИЕ ЗНАНИЙ О ПОЧВАХ В УКРАИНЕ

Л.В. Мазнык

Львовский национальный университет имени Ивана Франко, lilya_maznyk@mail.ru

В статье освещены основные аспекты исторического развития знаний о почвах Украины. Проанализированы основные этапы деятельности зарубежных и отечественных ученых. Освещена история исследования почв Украины. Охарактеризован вклад различных ученых в становление и развитие почвоведческой науки Украины.

ВВЕДЕНИЕ

Корни научных знаний о почвах уходят к глубокой древности и связанные с зарождением и постепенным становлением земледелия. Много тысяч лет развития человечества были только периодом накопления различных фактов, наблюдений, гипотез, которые передавались из поколения в поколение. Почва всегда была важной естественной производительной силой человеческого общества и давно стала предметом труда. Неудивительно, что историей науки о почве занимались многие выдающиеся ученые. Ею интересовались передовые люди каждой эпохи.

Почвоведение – одна из фундаментальных наук о Земле и биосфере, направленных в сторону таких важных для человечества дисциплин, как экология, агрономия, лесоводство, гигиена. Можно считать, что почвоведение в эмпирической стадии своего развития появилось 2–2.5 тыс. лет назад. Это была наука с гипотезами и практическими выводами, которые имели для своего времени ранг законов науки.

Знания о почвах интенсивно использовались в растениеводческой практике, при оценке земельных угодий, создании систем орошения и осушения. Так было в Месопотамии и Египте, Элладе и Риме, Китае и Индии, Европе и на Руси. Поэтому мы находим так много сведений о почвах в агрономических и даже в политических произведениях.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом изучения являются сведения об исследовании почв Украины. Методика исследования развития почвоведческой науки отличается от обычного географического исследования прежде всего тем, что она имеет дело с анализом исключительно письменных источников – публикаций (монографий, учебников, статей и т.д.), рукописей, устных воспоминаний о развитии почвоведения в прошлом, т.е. о процессе этого развития, его этапы, движение идей, развитие теории и самой методики географических исследований и т.п.

В этом исследовании использовалась система методов. В частности: философские (принципы движения и развития, связи и взаимозависимости, единства исторического и логического), общенаучные, в т.ч. традиционные (литературный, методы формальной логики – сравнительный, аналогии, анализа, синтеза), конкретно-научные (исторический), современные (структурно-системный подход).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Толчком к развитию почвоведения, как и других наук, служила практическая деятельность людей. Верхний слой земли, на котором человек проживал, строил жилье и выращивал урожай, стал объектом труда и средством производства на многие тысячи лет раньше, чем возникло научное представление о почве.

Самые первые исторические упоминания о почвах Украины и их использование касающихся времен энеолита (IV тысячелетие до н.э.) периода развития трипольской культуры, в частности в Поднепровье и Поднестерье.

Земледельческие племена обрабатывали почву, выращивали пшеницу и ячмень. Для их религии были характерны аграрные культы, почитание «Великой матери», под которой можно понимать и почву. Для более поздней черняховской культуры (начало нашей эры) установлено уже плужное земледелие, усовершенствованный плуг и соха с железными наконечниками; под пашню осваивались значительные, по тем временам, площади лесостепных почв и черноземов [3].

В античных научных трудах Геродота (IV в. до н.э.) есть описание черноземов Скифии, с землями которой он ознакомился в низовьях Тираса (Днестра), Гипаниса (Ю. Буга) и Борисфена (Днепра). О Скифии Геродот пишет, что она «представляет равнину с толстым слоем почвы... богатую травой и хорошо увлажненную» [1].

Древнегреческий мыслитель Гиппократ (V–IV вв. до н.э.), побывав в трех странах (в частности, в Скифии, на северных берегах Черного моря вблизи устья реки Днестр) считал, что телесное и духовное здоровье человека зависит от климата, состояния воды и качества почв.

У древних славян начиная с VII–VIII вв. было развито пашенное земледелие и культура разнообразных сельскохозяйственных растений (рожь, пшеница, ячмень, овес, просо, гречиха, горох и др.). На юге, в «диком поле», где преобладали черноземы, возникла переложная система использования почвы в самой примитивной форме с так называемой наезжей пашней, которую обрабатывали не систематически, а время от времени «наездом», перенося поля с одного места на другое. В лесной зоне была подсечная система земледелия [3].

Первые описания земель, дошедшие до нас со времен Киевской Руси, датированы IX веком и касаются они в основном монастырских и церковных земель. В XI веке в Киевской Руси существовал качественный учет земель по видам угодий. Основными материалами о земле (почве) на протяжении XV–XVII вв. были «писцовые книги», в которых отражали сведения о регистрации земель, их количество и качество, подавали сравнительную оценку. Эти книги являются первыми известными почвенно-оценочными работами, которые имели, по тем временам, высокий научный уровень [1, 3].

Большой вклад в изучение черноземов сделал В.М. Севергин, который писал, что в Екатеринославской губернии (ныне Днепропетровская область) северная часть имеет «почву легкую, состоит из чернозема», а южная – несколько суше, почти степовидная. П. Куницкий в 1813 г. впервые представляет информацию о почвах юго-западного края, называя их «черноземными, в общем сочными и плодородными».

Первые попытки картографирования почв сделано в начале XVIII века. В частности, многолистовую геолого-геоморфолого-почвенную карту Восточной Европы (от Балтийского моря до Дуная и Днепра) составлено известным польским геологом С. Сташицем в 1806 году.

Почвенную карту территории «от Прута до Ингула» (Бессарабия и Херсонская губерния) составил в 1856 г. А.И. Гроссул-Толстой. Она была разделена на четыре более или менее широтных полосы, сменявшие одна другую с севера на юг. Это были: 1) «настоящая черноземная полоса»; 2) «супесчано-черноземная полоса»; 3) «суглинистая полоса с более значительной примесью чернозема»; 4) «глинисто-известковая полоса с незначительной примесью чернозема» [1].

Первую почвенную карту Восточной Европы составил В.К. Веселовский и издал ее в 1851 г. Карта Восточноевропейской равнины под редакцией В.И. Чаславского была издана в 1873 г. На ней, в отличие от предыдущих карт, выделено уже 32 условные обозначения для отображения различных почв.

Значительный вклад в развитие почвоведения и географии почв Украины сделал В.В. Докучаев (1846–1903). Он побывал в нескольких губерниях Украины, хорошо изучил черноземы в Подольской и Херсонской губерниях. Эти полевые исследования чернозема и их анализ нашли свое отражение в работе «Русский чернозем» (1883 г.).

Исключительно важную роль в развитии почвоведческой науки сыграла Полтавская почвенно-географическая экспедиция, которую возглавил В.В. Докучаев. На Полтавщине ученый очень подробно изучил черноземы более южного габитуса. В дубовых лесах Полтавщины он обнаружил новый самостоятельный тип почв – серые лесные. География исследований чернозема В. Докучаева охватывает и западные регионы – черноземы Бессарабии, которые являются карбонатными.

Важным событием, имевшем огромное значение для почвоведения, стала Всемирная выставка в Париже (1889), на которой В. Докучаев экспонировал коллекцию почв и сопроводительные материалы – карты, рисунки, таблицы анализов, печатные издания. Перечень основных типов черноземов начинался с черноземов юго-западного района черноземной зоны. Это, собственно, западная часть Екатеринославской и Херсонской губерний, южная – Подольской, Волынской и Киевской, вся Полтавская и соседние части Харьковской и Черниговской губерний [3].

Не уменьшая роли В.В. Докучаева, все же надо сказать, что у истоков учения о черноземах, предшествовавших В.В. Докучаеву, стояли профессора Харьковского университета Н.Д. Борисяк и И.Ф. Леваковский. В труде «О черноземе» (1851 г.) Н.Д. Борисяк представляет научно обоснованную профильно-морфологическую, минералогическую, химическую, географическую и агрохимическую характеристики черноземов. Профессор И.Ф. Леваковский в своих работах дает описание черноземов, приуроченность их к различным элементам рельефа, а также методику определения содержания гумуса и его состав.

В юго-западной части черноземной полосы Украины интересные исследования выполнил профессор А.И. Набоких. Важное значение в характеристике черноземов ученый придавал степени карбонатности, изучал пригодность черноземов для выращивания винограда [3].

Изучением черноземов территории Украины занимался также австрийский ученый Л. Бубер, который изучал так называемый «Хотинский остров» черноземов и продолжил его на север вдоль долины р. Днестра (эта территория Галиции в то время принадлежала Австро-Венгрии). 1910 г. Л. Бубер издал в Берлине книгу «Галицко-подольские черноземы, их образование и природная структура, а также современные сельскохозяйственные условия эксплуатации северо-восточной почвенной зоны Галичины».

По исследованиям Леопольда Бубера, галицкий черноземный край является естественным продолжением русско-подольских черноземов. Гидрологическая структура территории, а также ее климатический характер и геологическая природа есть, по мнению автора, основные причины образования черноземов Галичины и Подолья. Важную роль играет и ксерофитная флора.

Большое значение Л. Бубер придавал морфологическим особенностям галицко-подольских черноземов. А именно окраске, как одному из важнейших морфологических

признаков черноземов, и группировал черноземы именно по окраске: очень богатые гумусом «безупречные» черноземы; черноземы, которые находятся на стадии разложения органических веществ вследствие современного окультуривания; серые или темно-коричневые почвы, на месте которых когда-то были леса, которые находятся на стадии приближенной к процессу дегумификации. Окраска почвы тесно связана с содержанием в ней органического вещества [5].

Знания о почвах Украины значительно расширились в результате полевых исследований в Черниговской (Б.Б. Плынов, К.Г. Белоусов), Таврической (М.К. Клепинин, М.С. Федоровский), Киевской (М.И. Фролов), Волынской (Ф.И. Левченко), Екатеринославской (В.В. Курилов), Подольской, Херсонской и Харьковской (А.И. Набоких, М.Ф. Колоколов) губерниях. В 1926–1928 г.г. в республике обследованы почвы на значительной территории лесостепной и степной зон (В.И. Крокос, Д.К. Биленко, Н.Б. Вернандер и др.). Полученные данные послужили основой для составления в 1928 г. Научным комитетом Наркомзема РСФСР первой обзорной почвенной карты республики в масштабе 1:1000000. Необходимость детальных знаний о почвенном покрове и агропроизводственной характеристике почв каждого хозяйства обусловила в 1931–1932 г.г. проведение агроинвентаризации почв, а в 1934–1935 г.г. – обследование пахотных угодий свекловодческих хозяйств республики, в результате чего были составлены крупномасштабные почвенные карты хозяйств, а также почвенно-агрохимическая карта свекловодческих районов Украины в масштабе 1:420000 (П.А. Власюк, И.И. Канивец и др.). В 1935 г. была составлена новая обзорная карта почв Украины (А.М. Гринченко, Г.С. Гринь, Н.К. Крупский т.д.). Каждое хозяйство страны получило почвенную карту в масштабе 1:10000 или 1:25000 с комплектом картограмм и пояснительный текст к ним. В результате обобщения материалов крупномасштабных почвенных исследований составлены карты районов, областей и республики в целом [2].

Становление и развитие сельскохозяйственного почвоведения нашли свое отражение в работах А.Н. Соколовского. Он исследовал коллоиды и структуру почвы, ее физические и физико-химические свойства, динамику гумуса зависимости от поглотительной способности и состав поглощенных катионов почвы. Ученый разработал индексацию почвенных горизонтов, теоретические основы классификации и картографирования почв, их химической мелиорации. Среди его учеников и последователей были А.М. Гринченко, Н.Б. Вернандер, А.М. Можейко, А.Ф. Яровенко, Г.М. Самбур, Г.С. Гринь, В.Д. Кисель и другие [3].

В 1934 г. А.Н. Соколовский выпускает первым изданием «Курс сельскохозяйственного почвоведения». Уже в 30-х годах XX в. значительную деятельность развернула научно-исследовательская лаборатория почвоведения АН УССР, которой руководил А.Н. Соколовский [2].

Важный этап развития украинского почвоведения и картографирования почв Украины связан с именем Г.Г. Махова. Его монография «Почвы Украины» была напечатана в 1930 г. В ней представлена детальная морфолого-аналитическая характеристика почв. Также ученым составлена карта почв Украины в масштабе 1:900000, где были выделены почвенные зоны, провинции и районы.

Материалы о почвах Украины обобщены в монографии С.С. Соболева «Почвы Украины и степного Крыма» (1939), к которой в дополнение составлена почвенная карта под редакцией А.Н. Соколовского [3].

В послевоенный период была издана почвенная карта Европейской части СССР под редакцией И.П. Герасимова в 1947 г., а в 1951–1952 гг. были проведены крупные территориальные почвенные исследования земель юга Украины, на которых планировалось строительство таких ирригационных систем, как Ингулецкая, Каховская, Краснознаменская, Ногайская. Позже были проведены крупномасштабные обследования почв территории Северокрымского канала. В 1952 г. Харьковским СГИ (Г.С. Гринь, В.Д. Кисель, А.Ф. Яровенко) было проведено крупномасштабные исследования почв по периметру проек-

тируемого Каховского водохранилища. В 1953–1957 гг. составлена карта почв Крыма (В.П. Гусев, В.Г. Колесниченко, М.Ф. Севастьянов).

Еще в довоенные года в НИИ земледелия началось маршрутное изучения почв Ровенской (Г.М. Самбур), Волынской (А.И. Гуменюк), Тернопольской (П.Д. Чаус), Ивано-Франковской (П.А. Костюченко). Дрогобицкой (Е.Н. Пригулько), Закарпатской (Н.Б. Вернандер, С.А. Скорина), Черниговской, Львовской, Ворошиловградской, Херсонской (С.А. Скорина) областей. Составленные по результатам этих работ среднемасштабные карты почв передано облуправлениям сельского хозяйства. В 1951 г. вышла монография «Почвы УССР» (Н.Д. Вернандер, М.М. Годлин, Г.М. Самбур, С.А. Скорина) с описанием агропочвенного районирования Украины, где представлен обновленный пояснительный текст Г.Г. Махова к карте почв Украины в масштабе 1:750000, изданной в 1948 г. Эта карта обобщила практически все территориальные исследования почв Украины, проведенные в предыдущие годы [4].

В течение 1957–1961 годов на территории Украины выполнены крупномасштабные обследования почв за инструкциями и методическими разработками полевого картографирования почв и их агропроизводственной группировки. Для каждого хозяйства составлены почвенные карты в масштабе 1:10 000 и 1:25 000 и районные почвенные карты масштаба 1:50000. Обобщив результаты сплошных крупномасштабных почвенных обследований, в 1972 г. под редакцией Н.К. Крупского с соавторами было издано областные карты почв Украины масштаба 1:200 000 и объяснительные записки к ним. Разработано также агропочвенное районирование территории Украины, которое в основном согласуется с почвенно-географическим районированием. По результатам этих обследований в 1972 г. издана карта почв Украины в масштабе 1:750000 [3].

Решением актуальных проблем почвоведения и географии почв в Украине занимается немало научно-исследовательских групп, коллективов и организаций. Общеизвестным Национальным научным центром развития почвоведческой науки в Украине является «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского». Значительный вес в Украине приобретают региональные школы почвоведов: Харьковская (основана А.Н. Соколовским), Днепропетровская (А.П. Травлеев), Одесская (основана А.Г. Набоких), Львовская (С.П. Позняк), Черновицкая (И.И. Назаренко) и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С давних пор человек поклонялся земле, а точнее – почве. Ей посвящал легенды и былины, ее воспевал в поэмах и песнях. Накопление эмпирических знаний о почве началось в конце неолита. Систематизация сведений была начата в трудах писателей и философов античности. В средневековье проводились описания земельных угодий с целью установления феодальных повинностей («писцовые книги»).

Сведения о почвенном покрове Украины относятся и к началу XIX в., когда на основании кадастровых данных были составлены почвенные карты Европейской России. В XIX в. проведены оригинальные исследования и полученные фундаментальные научные данные по химии и физике почв, заложены основы почвенной картографии. Научный взгляд на почву как самостоятельное естественное тело и его происхождение так и не был сформулирован. Для агрогеологов почва представлялась разрыхленной поверхностной породой, для агрокультурхимиков – емкостью с питательными веществами, для агрономов – пахотным слоем, где растения находят питательные вещества и опору для корней.

Развитие географии и картографии почв Украине связано с исследованиями В.В. Докучаева в Полтавской и других губерниях в 1888–1894 гг. Они дали возможность установить географические и топографические закономерности почвенного покрова Украины.

После войны были составлены крупномасштабные почвенные карты практически на всю сельскохозяйственную территорию Украины. Для каждого хозяйства они сопровождалась очерком с набором картограмм из содержания гумуса, обменного калия, подвижного фосфора, азота и кислотности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Крупеников И.А.* История почвоведения (от времени его зарождения до наших дней). – Москва: Наука, 1981. – 328 с.
2. *Назаренко И.И., Польчына С.М., Никорыч В.А.* Почвоведение: Учебник. – Черновцы: Книги – XXI, 2004. – 400 с.
3. *Позняк С.П.* Почвоведение и география почв: Учебник. Часть 1. – Львов: ЛНУ имени Ивана Франко, 2010. – 270 с.
4. *Тыхоненко Д.Г., Горин М.А., Лактионов Н.И.* и др. Почвоведение: Учебник. – Киев: Высшее образование, 2005. – 703 с.
5. *Buber L.* Die galizisch-podolische Schwarzerde, ihre Entstehung und naturliche Beschaffenheit unb die gegenwartigen landwirtschaftlichen Betriebsverhaltnisse des Nordostens dieser Bodenzone Galiziens. – Berlin, 1910. – 205 s.

Работа рекомендована д. геогр. н., профессором С.П. Позняком.

УДК 631.48

ОСОБЕННОСТИ ПИРОГЕННОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В РАЙОНЕ СТЕПНЫХ ОСТРОВНЫХ БОРОВ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Ю. Максимова

Санкт-Петербургский государственный университет
Институт Экологии Волжского бассейна РАН

Работа посвящена исследованию процесса восстановления почв, подверженных действию пожаров. Она является частью комплексного исследования, проводимого Институтом экологии Волжского бассейна РАН, в рамках которого изучаются процессы восстановления фито- и зооценозов и почв на послепожарной территории. Объектами исследования являются серогумусовые почвы степных островных боров в районе г.Тольятти Самарской области, на тех участках, где наблюдалась особо сложная пожарная обстановка.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее опасных воздействий на биогеоценозы являются лесные пожары, влекущие за собой как обратимые, так и необратимые изменения. Стихийные пожары оказывают разрушительное воздействие на лесные экосистемы, уничтожая напочвенный покров и фауну, повреждая и нередко губя древостои, вызывая повреждение почвы и ее эрозию. Эмиссии углекислого газа от лесных пожаров повышают концентрацию парниковых газов в атмосфере, что способствует глобальным изменениям климата. На долю лесных пожаров в нашей стране приходится ежегодно более половины всех погибающих насаждений, а площадь гарей в лесном фонде страны в 4.8 раза превышает площадь рубок.

Лесные пожары – регулярно повторяющееся природное явление, нарушающее естественное равновесие между отдельными компонентами биогеоценоза, влияющее на тип растительности и динамику растительных ассоциаций. Почва как неотъемлемая составная часть лесного сообщества испытывает на себе разностороннее влияние пожаров. Среди факторов деградации почвенного покрова пожарам принадлежит особое место, что связано с их специфическим воздействием на окружающую среду, в том числе и на почвенный покров [3, 4].

В последние годы лесные пожары рассматриваются как мощный и активно действующий фактор современного почвообразования, оказывающий сложное и многоплановое влияние на формирование почвенного покрова лесных биогеоценозов. При этом характер и степень пирогенного влияния на почву могут быть различными в зависимости от

физико-географических условий, типа леса, исходных свойств почвы, а также вида и интенсивности пожара. Высокая горимость еще больше усиливает роль пирогенного фактора в формировании почв [2, 4]. В связи с вышесказанным, основная цель работы заключалась в оценке влияния лесных пожаров на свойства почв в условиях островных боров в районе г. Тольятти Самарской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В конце июля, августе и начале сентября 2010 года в России на всей территории сначала Центрального федерального округа, а затем и в других регионах России возникла сложная пожарная обстановка из-за аномальной жары и отсутствия осадков. Площадь, пройденная пожарами, составила более 744 тыс. гектаров. Лесные пожары охватили такие области нашей страны, как Московская, Свердловская, Кировская, Тверская, Калужская, Псковская и многие другие. Особое чрезвычайное положение было в Самарской области в районе г. Тольятти. Катастрофические пожары по всей России показали необходимость проведения исследования процесса восстановления почв, подверженных действию пожаров. Данная работа посвящена этому вопросу и является частью комплексного исследования Института Экологии Волжского бассейна РАН; проводится изучение процессов восстановления фито- и зооценозов, помимо почв, на слепожарной территории.

Для изучения процессов пирогенных изменений в почвах были выбраны степные островные сосновые боры в районе г. Тольятти Самарской области, подвергшиеся воздействию катастрофических лесных пожаров в 2010 г. Эти боры чаще всего формируются на песчаных и супесчаных отложениях эолового или аллювиального происхождения в суббореальном климате. Для сравнения влияния разных видов пожаров на почвы были заложены разрезы на трех ключевых участках: там, где был низовой пожар (конец июля 2010 г.), на участке прохождения верхового пожара (конец июля 2010 г.) и на незатронутом пожаром участке (контроль). Особое внимание уделялось мезорельефу выбираемых участков для того, чтобы избежать влияния прочих факторов на формирование почв: были выбраны участки в верхних частях юго-западного склона дюнного повышения. На всех участках растительность была одинаковая – средневозрастной сосняк. Пробы почв были отобраны максимально быстро после снятия с территории режима чрезвычайной ситуации.

Повторное исследование почв указанных площадок проводилось в начале августа 2011 г. Из каждого горизонта, соблюдая способы пробоотбора, установленные в 2010 г, были отобраны образцы, с целью выявления степени изменения параметров нарушенных почв по сравнению с прошлым годом. Кроме того, на каждом участке были заложены площадки на поверхности почв размером 2.5х2.5 м для измерения пространственной неоднородности свойств слепожарных почв (рН, Собщ.).

При этом использовались общепринятые методики полевых и лабораторных исследований почвы [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Полевые исследования объектов показали, что природные почвы легкого гранулометрического состава относятся к органно-аккумулятивным серогумусовым, верхний горизонт частично замещается горизонтом золы на участках, где проходили пожары. Внешне зола выглядит как рыхлая, рассыпающаяся в руках корочка грязновато-серого цвета, небольшой мощности (1–2 см), со значительной примесью мелких кусочков древесного угля и почвенных частиц, зола при этом вмыта в минеральные горизонты.

Полученные аналитические данные свидетельствуют о том, что пожары приводят к серьезным изменениям в пределах почвенного профиля. Изменения в морфологии почв наиболее заметны в верхних горизонтах (широкое распространение угольков, сохранение охристых тонов в окраске горизонтов). Особенно проявляются процессы потери гумуса при выгорании подстилки и верхнего гумусового горизонта. Важно отметить, что содер-

жание углерода органического вещества в верхних горизонтах почв при низовом пожаре (1.07 %) меньше, чем при верховом (1.70 %), и гораздо ниже на незатронутом пожаром участке (3.40 %) (табл. 1). Эти данные, во-первых, подтверждают факт дегумификации почв при пожаре, а во-вторых, согласуются с тем, что в результате низового пожара, при котором происходит полное выгорание подстилки и верхнего горизонта, наблюдаются более интенсивные потери гумуса. Потеря органического вещества является не только результатом механических явлений выноса мелкозема или выгорания, но и потерей важнейшего компонента лесных биогеоценозов – напочвенной растительности и уменьшения ее продуктивности. Что касается группового состава гумуса, то для незатронутых пожаром подстилок и верхних горизонтов характерен гуматно-фульватный тип гумуса, а для почв, подверженных действию пожаров характерно увеличение доли гуминовых кислот, особенно это ярко проявляется в случае с низовым пожаром.

Таблица 1. Химические и физико-химические параметры изученных почв 2010 г.

Горизонт / глубина, см	ГВ, %	ППП, %	pH	C _{орг} , %	Содержание гумуса, %	Сгк/Сфк
серогумусовая супесчаная на древних аллювиальных волжских песках, затронуемая действием низового пожара						
Выгоревшая подстилка 0–5	2.81	6.27	8.0	2.30	3.96	2.28
АУ 5–14	1.42	2.29	6.1	1.07	1.84	1.57
АС1 14–27	0.99	1.10	6.1	0.51	0.88	не опр.
АС2 27–36	0.72	0.82	6.0	0.30	0.52	не опр.
АС3 36–53	0.64	0.72	5.0	0.21	0.36	не опр.
С 53–73	0.66	0.76	5.9	0.22	0.38	не опр.
серогумусовая супесчаная на древних аллювиальных волжских песках, подвергшаяся пирогенному воздействию верхового пожара						
Выгоревшая подстилка 0–1	2.79	6.93	7.8	3.40	5.86	1.67
АУ 1–6	1.74	2.12	6.1	1.70	2.93	1.26
АС1 6–16	0.67	1.20	5.6	0.53	0.91	не опр.
АС2 16–25	0.82	0.53	5.5	0.32	0.55	не опр.
С1 25–43	0.58	0.53	5.6	0.20	0.34	не опр.
С2 43–62	0.53	0.55	5.7	0.17	0.29	не опр.
серогумусовая супесчаная на древних аллювиальных волжских песках (фоновая почва)						
Подстилка 0–5	8.42	24.66	6.5	не опр.	не опр.	0.96
АУ1 5–8	2.01	3.60	6.3	3.40	5.86	0.75
АУ2 8–14	0.93	2.50	6.3	1.16	2.00	0.9
АС1 14–23	1.25	0.11	6.2	0.34	0.59	не опр.
АС2 23–33	0.42	0.45	6.1	0.18	0.31	не опр.
С 33–50	0.33	0.46	5.8	0.18	0.31	не опр.
С 50–70	0.34	0.47	6.1	0.16	0.28	не опр.

Влияние пожара на почвы также сопровождается сдвигом кислотности водной вытяжки в сторону нейтрализации. Из аналитических данных следует, что в верхних горизонтах почв огнищ значительно уменьшается кислотность (7.8–8.0), тогда как нижние горизонты имеют реакцию, близкую соответствующему горизонту ненарушенной лесной почвы (5.7–5.9) (табл. 1). Кроме того, отмечается снижение содержания гигроскопической влаги в верхних горизонтах почв под действием пожаров: от 2.01–8.42 % (в подстилке) в верхних горизонтах ненарушенных почв до 1.42–2.81 % в верхних горизонтах почв, подвергшихся действию пожара (табл. 1).

По гранулометрическому составу изученные почвы относятся к классу супесчаных. На всех трех участках преобладающей фракцией является мелкий песок (50–75 %). Содержание частиц < 0.01 мм составляет 9–16 %. Следует отметить, что для всех изученных почв характерно облегчение гранулометрического состава вниз по профилю, что связано с характером почвообразующих пород. На незатронутом пожаром участке наблюдается меньшее содержание фракции крупной пыли (около 5 % в верхнем горизонте) по сравнению с почвами на гарях.

Мезоморфологический анализ проб почв 2010 и 2011 гг. показал отсутствие изменений в строении горизонтов на мезоуровне на всех трех участках по прошествию одного года. Единственное отличие проб 2011 года от 2010 в том, что во всех горизонтах почв пожарных появляются тонкие корни растений. Участки низового и верхового пожаров между собой отличаются на мезоуровне исключительно верхними горизонтами: на верховом пожаре доля угольков значительно выше, чем на низовом. Кроме того, отмечается профильное распределение угольков вниз по профилю на обоих участках. Подстилка ненарушенного участка характеризуется наличием обильных корней и бурой окраской. Нижележащие горизонты практически не отличаются в пределах между разными участками, что свидетельствует о том, что огонь затронул только верхние гумусовые горизонты. Во всех почвах четко наблюдается гумусовый горизонт, который прослеживается по серо-бурой окраске, хорошо оформленной мелкокомковатой структуре и обильному наличию корней, которые способствуют оструктурированию почвенной массы.

Кроме того, была изучена пространственная неоднородность химических свойств послепожарных почв при отборе проб в 2011 г. (рН, Собщ.). Для этого был проведен графостатистический анализ по каждой площадке пространственной неоднородности почв с использованием программы SIGMAPLOT 6. В результате были построены соответствующие изолинии пространственного распространения аналитических данных (рис. 1, 2).

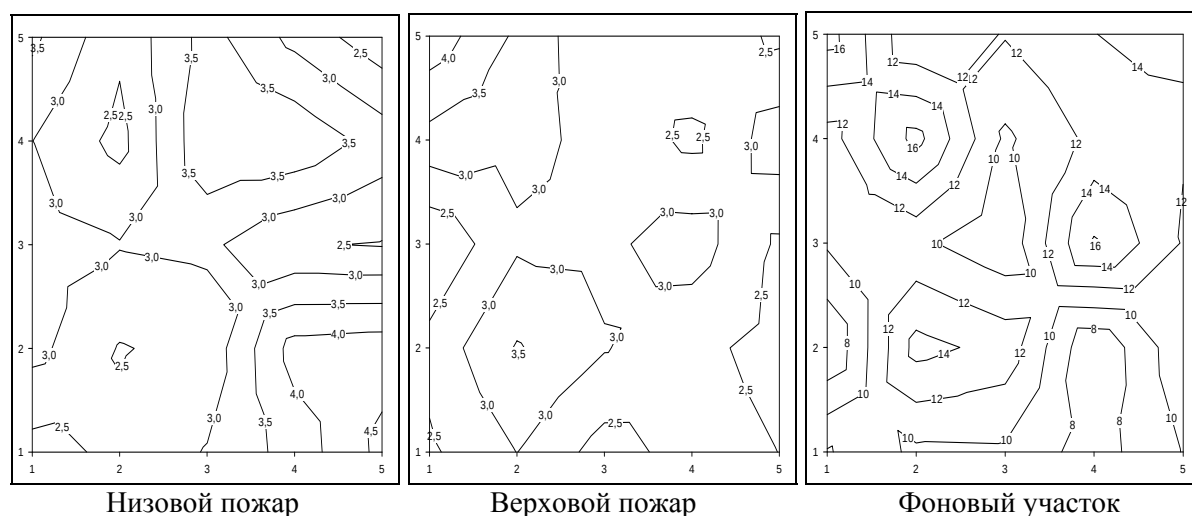


Рисунок 1. Графическая характеристика неоднородности содержания углерода органических веществ.

Полученные данные подтверждают результаты, проведенные ранее по определению рН и Собщ. для проб 2010 г. о том, что происходит потеря органического вещества при пожаре и сдвиг кислотности в сторону нейтрализации. Неоднородность поверхности почв по показателю рН изменяется в результате пожаров: происходит ее уменьшение; тогда как по содержанию углерода органических веществ этого не наблюдается. Результаты парного t-теста свидетельствуют о том, что между участком низового пожара и фоновым; верхового пожара и фоновым – различия достоверны, в то время как между участками низового и верхового пожаров – нет. Это говорит о том, что любой пожар определенно очень сильно влияет на свойства почв. Поэтому, чтобы понять закономерности внутри этого влияния – верховой пожар – низовой – надо проводить другие, более подробные исследования.

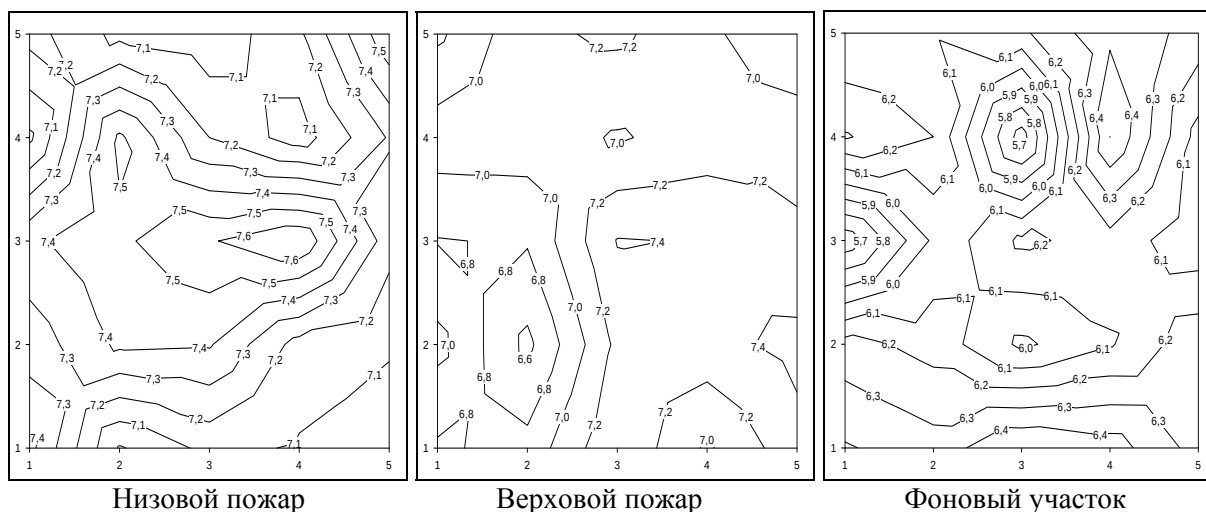


Рисунок 2. Графическая характеристика неоднородности рН.

ВЫВОДЫ

Действие пожаров носит зачастую спонтанный характер с нарушением естественного хода эволюции почв, а зона воздействия распространяется от обще-биогеоценотического и ландшафтного воздействия до отдельных компонентов и их составляющих. Последствие пожаров имеет широкую амплитуду – от положительного до отрицательного. Важнейшие деградационные явления связаны с потерей гумуса, нарушением водного режима. В крайних вариантах (постпирогенная эрозия) нарушение почвенного профиля приводит к частичной потере почвенного мелкозема, а иногда и всей почвенной массы.

Морфологические свойства почв огнищ в малой степени подвергаются изменениям после одного года, хотя, возможно, они будут наблюдаться по прошествии пяти и более лет. В большей степени пожары оказывают влияние на параметры фитоценозов, а также химические и биологические свойства почв.

Таким образом, лесные пожары существенно влияют на почвообразовательные процессы, что после пожаров 2010 г требует оценки и тщательных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. Горбачев В.Н., Дмитриенко В.К., Попова Э.П. и др. Почвенно-экологические исследования в лесных биогеоценозах. – Новосибирск: Изд-во «Наука», Сибирские отд-е, 1992.
3. Добровольский Г.В. Деградация и охрана почв. – М.: изд-во МГУ, 2002.
4. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П. Пирогенная трансформация органического вещества почв лесных болот // Почвоведение. – 2006 – №12. – С. 1441–1450.

Работа рекомендована к.б.н., ст. преп. кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ Е.В. Абакумовым.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРЫХ ПОЧВ
(НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ ЗАПОВЕДНИКА «ЛЕС НА ВОРСКЛЕ»,
БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е.В. Мельчакова

Санкт-Петербургский государственный университет, magistravitae@mail.ru

Работа посвящена полевым и лабораторным исследованиям динамики физических свойств серых почв. Рассмотрены вопросы, касающиеся сложения, пространственной и временной изменчивости, тепловых и водных свойств почв. Также проанализировано соотношение фаз изучаемых почв. Эти данные позволяют потенциально оценить экологическое состояние и характер протекающих процессов в серых почвах лесостепной зоны.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что почве принадлежит ряд незаменимых функций в биосфере. Среди них плодородие, биоэнергетическая, газово-атмосферная, гидрологическая и др. Важнейшая роль в выполнении этих функции принадлежит физическим свойствам почв, которые, в своей совокупности, определяют объем порового пространства, соотношение воды и воздуха в этом поровом пространстве, количество питательных веществ, их миграцию по почвенному профилю и доступность живым организмам. В свою очередь, такие физические свойства, как плотность сложения, микроагрегатный, агрегатный состав определяют проницаемость почвы для корней растений, определяют существование почвенной мезо и микрофауны.

Поскольку почва является гетерогенной, полидисперсной системой, следует отметить, что все большее внимание уделяется вопросам изучения неоднородности почв и почвенных свойств, проблемам взаимосвязи физических свойств и экологических характеристик почв [4]. Это обусловлено тем, что почвенное разнообразие тесно связано с биоразнообразием. Таким образом, изучение варьирования физических свойств почв является весьма актуальной задачей, связанной с такой важной биосферной функцией почв, как сохранение и поддержание биоразнообразия.

Целью работы является оценка экологических параметров серых почв развитых на лессовидном суглинке и красно-бурой глине. Исходя из этого были поставлены следующие задачи: 1) определить плотность сложения и порозность почв по генетическим горизонтам; 2) определить наименьшую влагоемкость, объемную влажность и запас влаги для корнеобитаемого горизонта; 3) определить водопроницаемость генетических горизонтов почв; 4) изучить суточный ход температур на поверхности глубинах 5, 10, 15 и 20 см изучаемых почв; 5) рассчитать объемы твердой, жидкой, газообразной фаз почв.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на участке «Лес на Ворскле» заповедника «Белогорье» Белгородской области. Климат этой территории является умеренно – континентальным. Рельеф можно охарактеризовать как увалисто – долинно – балочный. На территории заповедника преобладают четыре почвообразующие породы: олигоценые супеси, меловые отложения, красно-бурые глины и лессовидный карбонатный суглинки. Основным типом леса является: липо – дубняк осоково – снытевый[5].

Объектами исследования являются: темно-серая среднесуглинистая почва на карбонатном лессовидном суглинке и серая среднесуглинистая почва на красно-бурой глине. Эти почвы различны по минералогическому составу, также они приурочены к разным фитоценозам (луг и древесные насаждения).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленных задач были использованы наиболее распространенные методы исследования физических свойств почвы. Плотность сложения почв определялась на пробах с ненарушенным сложением весовым способом. Порозность почв находили эмпирически по данным плотности почвы и плотности твердой фазы почвы. Наименьшую влагоемкость (НВ) определяли методом заливных площадок. Водопроницаемость оценивалась методом рам [1]. Для построения хода температур были проведены суточные наблюдения изменения температуры почвы на различной глубине, измерения проводились набором почвенных ртутных термометров [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В результате полевых и лабораторных исследований получены следующие результаты:

1. Плотность сложения почв закономерно изменяется с глубиной. Для темно-серой почвы отмечены два пика увеличения плотности (рис. 1) в горизонтах ВЕЛ и ВТ (1.61 г/см³), что можно объяснить процессами иллювиирования. Плотность сложения серой почвы увеличивается вниз по профилю (1.23–1.45 г/см³), наиболее плотный горизонт – ВТ (1.45 г/см³). Постепенное увеличение плотности сложения с глубиной серой почвы можно объяснить плотностью почвообразующей породы.

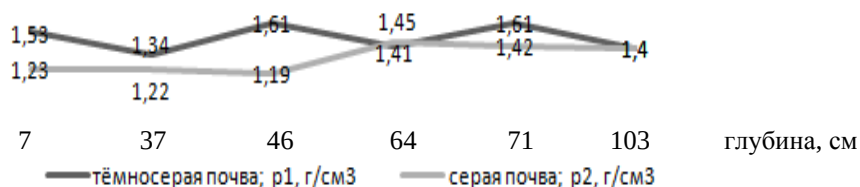


Рисунок 1. Плотность сложения почвы, г/см³.

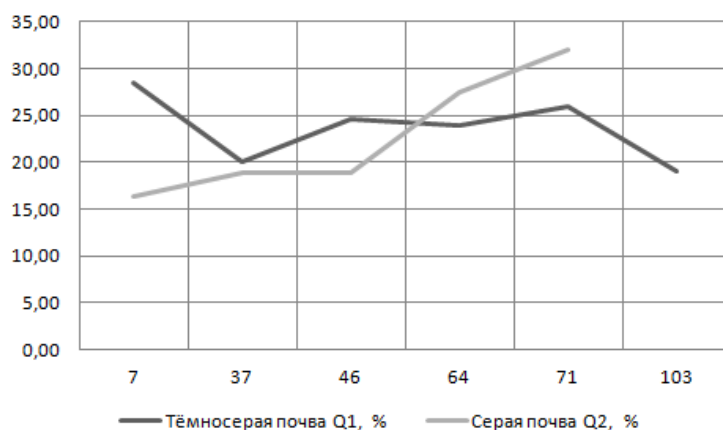


Рисунок 2. Распределение объемной влажности по горизонтам, %.

Характер порозности обуславливается физическими и физико-химическими процессами, протекающими в почве: растрескиванием ее под действием увлажнения-высыхания, нагрева-охлаждения, набухания-сжатия; передвижением жидкой фазой и деятельностью живой фазы, выщелачиванием и выносом различных химических соединений в нижележащие горизонты. Степень порозности также зависит от почвенной структуры, гранулометрического состава и содержания гумуса. Порозность изучаемых почв по горизонтам изменяется незначительно и составляет 0.38–0.47 см³/см³ и 0.43–0.53 см³/см³ для темно-серой и серой почвы соответственно. Это может свидетельствовать о незначительном изменении почвенной структуры и хорошем ее качестве.

2. Наименьшая влагоемкость принимает максимальное значение в горизонте ВТ (26.20 %) для темно-серой почвы и в горизонте ВС (22.60 %) серой почвы. Объемная влажность увеличивается вниз по профилю от 16.4 % до 32.1 % (рис. 2) для серой почвы на красно-бурых глинах, что, возможно, связано с запасом влаги в нижних горизонтах почвы; изменения же объемной влажности почвы на лессовидном суглинке незначительны и колеблются в диапазоне от 19.0 % до 28.5 %, имея два пика в горизонтах АУ и ВТ (28.5 % и 26.0 % соответственно), что связано с большим содержанием гумусовых веществ для АУ горизонта, и увеличение илистой фракции в ВТ горизонте. Запас влаги для темно-серой почвы для горизонта АУ равен 8.03 г/см^2 , а для серой почвы для горизонта АУ составляет 5.63 г/см^2 .

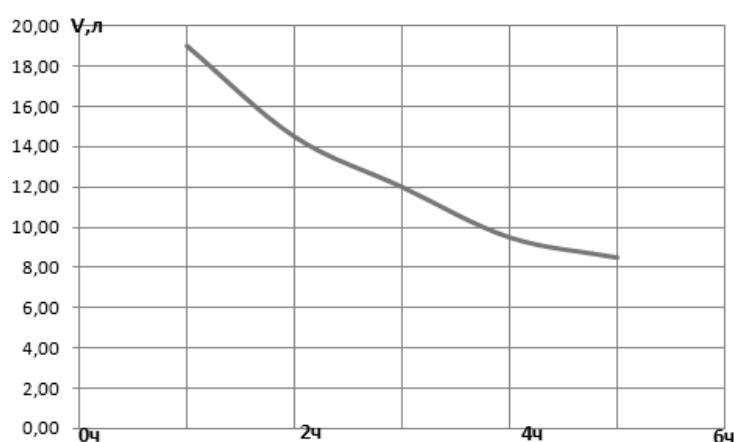


Рисунок 3. Коэффициент фильтрации серой почвы на красно-бурых глинах, л/ч.

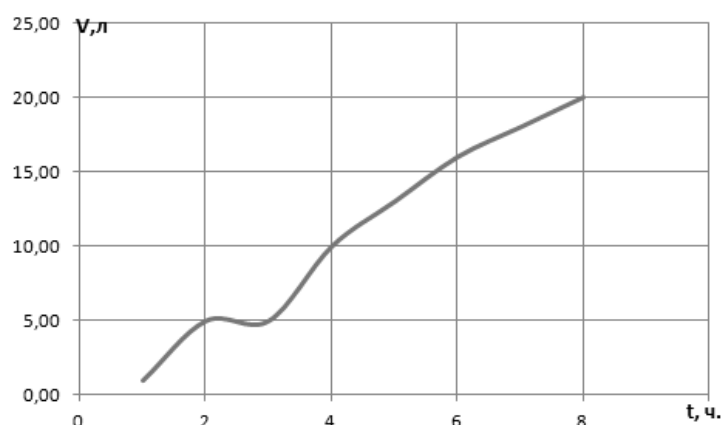


Рисунок 4. Коэффициент фильтрации темно-серой почвы на лессовидном суглинке, л/ч

3. Водопроницаемость – одно из важнейших водно-физических свойств почвы. С этим параметром связано перераспределение в почве атмосферных осадков; при хорошей водопроницаемости осадки полностью проникают в почву, создавая запасы влаги. При плохой водопроницаемости вода стекает по поверхности, вызывая эрозию. Впитывание воды почвой происходит под влиянием сорбционных и менисковых сил, а также градиента напора. Водопроницаемость изучаемых почв значительно варьирует от 0.29 мм/мин до 26.5 мм/мин, что можно объяснить пространственной неоднородностью внутрипочвенного сложения. Коэффициента фильтрации у серой почвы на красно-бурых глинах (рис. 3) со временем закономерно уменьшается, это связано с набуханием почвенных коллоидов, которое ведет к сужению и закупориванию пор, что способствует уменьшению скорости фильтрации. У темно-серой почвы на лессовидных суглинках коэффициент фильтрации со временем увеличивается, что связано с рыхлостью породы. Также отмечен резкий перепад скорости фильтрации (рис. 4), который можно объяснить тем, что фронт движущейся в почве воды достиг иного по скорости фильтрации слоя [3]. Эти колебания

также можно объяснить вследствие растворения заземленного в порах воздуха, либо наоборот, вследствие микробиологической деятельности и увеличения выделяемых микроорганизмами газов, возникновение «газовых пробок».

4. Максимальная температура поверхности почвы, в период наблюдений, составляла 38.5 °С. «Запаздывание» температур наблюдали на глубинах 15 и 20 см. Температура на поверхности почвы имеет суточный ход. Минимум ее наблюдается примерно через полчаса после восхода солнца 17.5 °С для серой почвы и 16.5 °С для темно-серой почвы. К этому времени радиационный баланс поверхности почвы становится равным нулю, отдача тепла из верхнего слоя почвы уравнивается с возросшим притоком суммарной радиации. Нерадиационный же обмен тепла в это время незначителен. Затем температура на поверхности почвы растет до 13–14 часов, когда достигает максимума в суточном ходе. После этого наблюдали падение температуры. Радиационный баланс в послеполуденные часы, остается положительным; однако отдача тепла в дневные часы из верхнего слоя почвы в атмосферу происходит не только путем эффективного излучения, но и путем возросшей теплопроводности, а также при увеличившемся испарении воды. Продолжается и передача тепла вглубь почвы. Поэтому температура на поверхности почвы и падает с 13–14 часов до утреннего минимума. Суточный ход температуры на поверхности почвы изобразится на графике время–температура волнообразной кривой, более или менее напоминающей синусоиду (высшая точка этой кривой характеризует максимум, низшая – минимум температуры).

5. Объем твердой фазы находится в диапазоне 48.9–59.0 % для темно-серой почвы (рис. 5) и 36.3–46.4 % для серой почвы (рис. 6), такие различия обусловлены различным минералогическим составом этих почв. Объем жидкой фазой изменяется от 13.7 % до 18.8 % для темно-серой почвы и от 16.4 % до 32.0 % для серой почвы, при том, что объем жидкой фазы серой почвы закономерно увеличивается к ВС горизонту, и напротив объем жидкой фазы у темно-серой почвы уменьшается к ВС горизонту. Это может быть связано с различной водоудерживающей способностью почвообразующих пород. Объем газовой фазы лежит в диапазоне 24.2–36.1 % и 31.59–42.1 % соответственно для темно-серой почвы и для серой почвы.

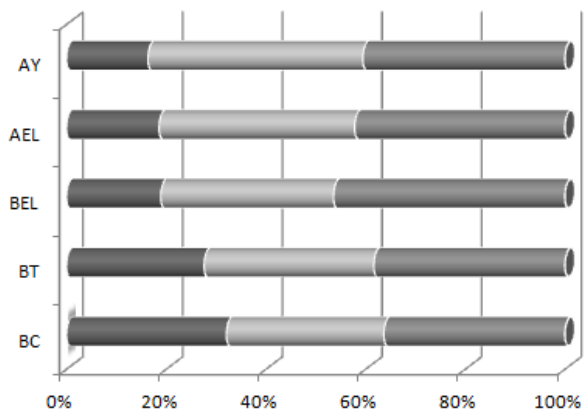


Рисунок 5. Соотношение фаз серой почвы на красно-бурых глинах, %.

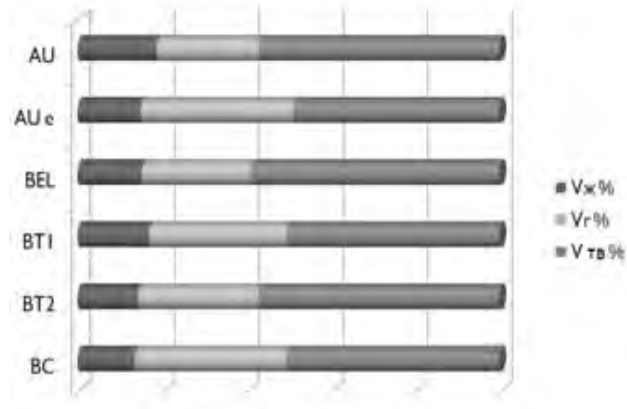


Рисунок 6. Соотношение фаз темно-серой почвы на лессовидном суглинке, %.

В целом можно сделать вывод, что соотношения фаз серых почв находятся в рамках оптимума для растений и почвенной биоты.

ВЫВОДЫ

1. Плотность сложения изученных серых почв закономерно изменяется с глубиной. Для темно-серой почвы отмечены два пика увеличения плотности в горизонтах BEL и BT. Плотность сложения серой почвы увеличивается вниз по профилю, наиболее плотный горизонт – BT. Порозность этих почв по горизонтам изменяется незначительно и составляет 0.38–0.47 см³/см³ и 0.43–0.53 см³/см³ для темно-серой и серой почвы соответственно.

2. Наименьшая влагоемкость принимает максимальное значение в горизонте ВТ (26.20 %) для темно-серой почвы и в горизонте ВС (22.60 %) серой почвы. Объемная влажность увеличивается вниз по профилю от 16.4 % до 32.1 % для серой почвы на красно-бурых глинах, изменения же объемной влажности почвы на лессовидном суглинке незначительны и колеблются в диапазоне от 19.0 % до 28.5 %, имея два пика в горизонтах АУ и ВТ (28.5 % и 26.0 % соответственно). Запас влаги для темно-серой почвы для горизонта АУ равен 8.03 г/см², а для серой почвы для горизонта АУ составляет 5.63 г/см².

3. Водопроницаемость изучаемых почв значительно варьирует от 0.29 мм/мин до 26.5 мм/мин, что можно объяснить пространственной неоднородностью внутрпочвенного сложения.

4. Максимальная температура поверхности почвы составляла 38.5 °С. «Запаздывание» температур наблюдали на глубинах 15 и 20 см. Суточный ход температуры можно описать синусоидальными зависимостями с уменьшением амплитуд по глубине и «запаздыванием» максимумов и минимумов.

5. Объем твердой фазы находится в диапазоне 48.9–59.0 % для темно-серой почвы и 36.3–46.4 % для серой почвы. Объем жидкой фазой изменяется от 13.7 % до 18.8 % для темно-серой почвы и от 16.4 % до 32.0 % для серой почвы. Объем газовой фазы равен 24.2–36.1 % и 31.59–42.1 % соответственно для темно-серой почвы и для серой почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Растворова О.Г.* Физика почв. СПб: СПбГУ. 1983 г., 191 с.
2. *Романов О.В., Растворова О.Г., Попов А.И.* Летняя учебная практика «Физика почв». СПб: СПбГУ. 2009 г., 56 с.
3. *Гумматов Н.А., Пачепский Я.А., Щербаков Р.А.* Пространственно-временная изменчивость водоудерживания серой лесной почвы. // Почвоведение, 1991, № 9. С. 169–175.
4. *Шеин Е.В.* Курс физики почв. М: Изд-во МГУ. 2005 г., 432 с.
5. *Романов О.В., Федорова Н.Н., Чуков С.Н.* Полевая практика по почвоведению. Лесостепная зона. СПб: Изд-во СПбГУ. 2009 г., 61 с.

Работа рекомендована к.б.н., доцентом кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ О.В. Романовым.

УДК631.4

СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K, ¹³⁷Cs) В ПОЧВАХ, ОБРАЗОВАННЫХ НА РАЗНЫХ ТИПАХ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД

Е.В. Мингареева

СПбГУ, ГНУ ЦМП им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург, soilmuseum@bk.ru

Естественные радиоизотопы широко распространены в земной коре, поэтому в той или иной мере человек находится в поле их излучения [1]. Вместе с другими элементами радионуклиды входили в состав первичного вещества, из которого была сформирована Земля.

Одним из первых ученых, который начал изучать радиоактивность почвенно-растительного покрова был В.И. Вернадский (1863–1945 гг.). Разрабатывая проблемы биогеохимии, В.И. Вернадский значительное внимание уделил изучению закономерностей рассеяния радионуклидов в земной коре и ее верхней оболочке – педосфере. Ему же принадлежат первые исследования особенностей накопления важнейших естественных радионуклидов живыми организмами (в том числе и аккумуляции радионуклидов из поч-

вы растениями). Из научных предвидений В.И. Вернадского особо следует отметить то значение, которое он придавал изменению радиационного фона Земли в процессе преобразования биосферы в ноосферу, в частности усиление потоков миграции радионуклидов в различные компоненты биосферы [6]. Интерес к геохимии радионуклидов усилился после второй мировой войны, когда радионуклиды начали широко применять в атомной энергетике и для производства ядерного оружия [4].

Являясь главным компонентом природного ландшафта, почвы играют роль своеобразных геохимических барьеров, аккумулируя и трансформируя унаследованные от материнских пород, попавшие из атмосферы и грунтовых вод (в результате антропогенного загрязнения) радионуклиды. Судьба этих элементов зависит от того в каких условиях находится почва (подвержена ли она интенсивной антропогенной нагрузке или она находится в «свободном» от антропогенной нагрузки состоянии), от физических, химических и физико-химических параметров, а также биологического круговорота и процессов, протекающих в ней [5].

Данных о фоновом содержании естественных радионуклидов в почвах мало. Это связано с тем, что масштабные исследования радионуклидов в почвах начались уже после загрязнения окружающей среды, в результате испытаний ядерного оружия, техногенных аварий.

В целом фоновые величины радионуклидов в почвах, как и в других природных объектах невелики и большей частью не представляют угрозу для живых организмов [3] (табл. 1).

Таблица 1. Природное (фоновое) содержание некоторых радиоактивных элементов в почвах и земной коре, Бк/кг (по FRG Federation Environmental radioactivity. – Bonn – 1983) [7].

Объекты исследования	Активность радионуклидов, Бк/кг			
	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{238}U
Почвы	40–1000	40	–	–
Верхние горизонты почвы	–	10–200	–	–
Коры выветривания	700	–	40	40
Изверженные породы	300–1000	20–200	40–600	20–100
Осадочные породы	100	20	10	20

Поведение радионуклидов, их миграция на разных этапах биогеохимического круговорота элементов в природе в значительной степени зависит от физико-химического состояния почвы. Почва – ведущее звено миграции радионуклидов, так как особенности взаимодействия комплекса «почва-радиоизотоп» определяют характер движения изотопов в остальных звеньях биологического цикла [2].

Целью исследований было изучение содержания радионуклидов и их связь с некоторыми свойствами почв, образованных на разных типах почвообразующих пород ландшафтов Северо-Запада России.

Объектами исследования являлись: в Ленинградской области – темногомусовая глеевая почва и бурозем глеевый на элюво-делювии гранита, подстилаемые гранитной плитой и дерново-элювозем на безвалунных суглинках, подстилаемых ленточной глиной, отобранные на территории Приозерского района Карельского перешейка. Дерново-подзолистая на красно-бурой морене в Лужском районе. Элювиально-метаморфическая на ленточной глине и дерново-подзолистая на желто-бурой морене в Тосненском районе. В Новгородской области – бурозем оподзоленный глинисто-иллювиальный на звонцовых глинах Валдайской возвышенности.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение радиоактивных изотопов проводилось на базе СПбГАУ в лаборатории радиобиологии, на приборе Гамма - бета спектрометр - радиометр МКГБ-01 «РАДЭК».

Таблица 2. Гранулометрический состав почв.

Глубина, см	Фракция, мм						
	1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01
Темногумусовая глеевая на элюво-делювии гранита, подстилаемая гранитной плитой							
2–10	9	10	38	5	10	26	42
10–35	8	12	38	14	9	19	41
35–50	5	2	27	20	30	15	65
Темногумусовая глеевая на элюво-делювии гранита, подстилаемая гранитной плитой							
0–15	17	9	36	9	8	21	39
15–24	27	5	26	10	14	17	41
24–44	4	5	15	20	28	27	75
Бурозем глеевый на элюво-делювии гранита, подстилаемый гранитной плитой							
6–14	32	4	38	2	7	17	27
14–33	33	3	38	13	8	5	26
33–40	12	12	47	3	10	15	28
40–60	12	3	21	30	18	18	65
Бурозем глеевый на элюво-делювии гранита, подстилаемый гранитной плитой							
0–22	8	5	34	30	5	19	54
22–37	11	7	18	23	6	35	64
37–47	11	7	40	4	17	21	42
Дерново-элювозем на безвалунных суглинках, подстилаемых ленточными глинами							
5–10	25	19	25	17	9	5	31
10–15	22	13	33	14	15	3	32
15–20	23	11	31	12	19	4	35
40–45	1	14	17	17	34	18	69
85–90	2	12	17	14	30	25	69
Дерново-подзолистая на красно-бурой морене							
0–5	37	16	23	15	2	7	24
5–10	63	4	15	2	10	6	18
10–15	69	1	17	4	5	5	14
15–20	51	15	18	5	5	6	16
40–45	61	9	14	3	8	5	16
45–50	61	13	7	3	9	7	19
90–100	59	14	5	8	11	3	22
Элювиально-метаморфическая на ленточной глине							
5–10	1	20	45	17	13	4	34
10–17	4	23	40	14	17	2	33
42–47	2	14	36	11	17	20	48
47–52	2	15	36	13	13	21	47
90–105	2	12	32	9	28	17	54
Дерново-подзолистая на желто-бурой морене							
0–5	51	12	19	8	6	4	18
5–10	43	17	25	8	5	2	15
10–15	52	8	20	10	8	2	20
45–50	2	2	38	12	26	20	58
90–100	43	16	19	7	12	3	22
Бурозем оподзоленный глинисто-иллювиальный на звонцовых глинах							
0–5	6	2	18	13	49	12	74
5–10	6	2	21	12	52	7	71
10–15	5	1	21	9	48	16	73
45–50	5	1	17	3	32	40	75
90–100	22	2	10	8	23	35	66

Таблица 3. Активность радионуклидов в исследуемых образцах почв (Бк/кг).

Глубина, см	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
Темногумусовая глеевая на элюво-делювии гранита, подстилаемая гранитной плитой				
2–10	54.20	45.80	757.20	25.20
10–35	40.60	33.60	976.50	16.60
35–50	45.30	39.20	1072.00	20.00
Темногумусовая глеевая на элюво-делювии гранита, подстилаемая гранитной плитой				
0–15	45.20	30.95	956.20	21.07
15–24	46.10	39.00	917.40	20.40
24–44	45.10	38.60	957.20	19.20
Бурозем глеевый на элюво-делювии гранита, подстилаемый гранитной плитой				
6–14	60.90	51.30	1147.00	28.90
14–33	43.70	37.70	883.80	18.10
33–40	41.40	34.70	1050.00	17.30
40–60	42.70	38.45	1004.00	18.00
Бурозем глеевый на элюво-делювии гранита, подстилаемый гранитной плитой				
0–22	48.50	39.90	998.60	21.50
22–37	44.20	38.20	1003.00	19.20
37–47	46.90	39.79	990.10	20.80
Дерново-элювозем на безвалунных суглинках, подстилаемых ленточными глинами				
5–10	53.96	26.63	506.20	14.20
10–15	29.72	30.30	645.83	14.06
15–20	30.52	42.11	448.17	13.56
40–45	27.95	47.39	824.39	11.75
85–90	26.53	22.95	627.42	10.91
Дерново-подзолистая на красно-бурой морене				
0–5	26.21	12.06	429.33	67.16
5–10	23.87	17.56	391.39	4.87
10–15	22.56	18.36	452.59	8.84
15–20	21.25	17.23	363.81	8.36
40–45	23.79	19.37	672.17	9.31
45–50	22.99	19.02	594.73	9
90–100	27.55	21.66	598.97	9.37
Элювиально-метаморфическая на ленточной глине				
5–10	27.27	32.33	575.87	11.47
10–17	27.49	23.37	585.57	11.54
42–47	39.43	42	825.67	9.92
47–52	26.23	57.37	861.6	10.4
90–105	39.57	29.46	881.15	3.55
Дерново-подзолистая на желто-бурой морене				
0–5	38.59	28.52	272.2	93.29
5–10	26.44	23.24	834.64	13.77
10–15	34.3	8.03	785.4	6.9
45–50	16.79	46.56	733.71	9.62
90–100	23.3	19.73	723.15	9.14
Бурозем оподзоленный глинисто-иллювиальный на звонцовых глинах				
0–5	19.64	37.01	744.29	47.55
5–10	38.6	41.13	812.8	16.26
10–15	43.78	37.38	579.54	21.19
45–50	32.09	46.35	855.11	10.15
90–100	26.71	68.38	1132.5	10.64

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При корреляционной обработке данных активности радионуклидов и гранулометрического состава по полным профилям исследуемых почв все полученные коэффициенты относятся к средней силе связи и не превышали 0.7. Были выявлены как прямые, так и обратные связи. Прямые наблюдались между:

- калием и радием, торием,
- фракцией ила и радием, торием, калием,
- фракцией физической глины с торием и калием,
- фракцией мелкой пыли и торием, калием.

Обратные взаимосвязи наблюдались между:

- фракциями песка с радием, торием, калием.

Такая взаимосвязь содержания радионуклидов с различными фракциями гранулометрического состава почв обусловлена удельной поверхностью почвенных частиц, т.е., чем больше удельная поверхность частиц, тем больше аккумуляция радионуклидов.

При корреляционной обработке полученных данных было выявлено, что в поверхностных горизонтах (первых 5–10 см) исследуемых почв наблюдалась сильная обратная взаимосвязь для цезия и фракции крупного песка (1–0.5 мм) с торием, равная –0.89 и –0.83. А также сильная прямая зависимость радия-226 и цезия-137 от содержания илистой фракции (менее 0.001 мм).

Для почвообразующих пород полученные коэффициенты были средние по силе связи. Прослеживалась обратная взаимосвязь всех исследуемых радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) с фракцией мелкого песка (0.25–0.05 мм). Прямая связь между активностями радия и цезия (0.48) и в меньшей степени между торием и цезием (0.43). И наибольшая, из всех полученных коэффициентов, для радия и фракции пыли (0.58)

Для срединных горизонтов была выявлена и сильная, и средняя сила связи. Сильная: прямая взаимосвязь между фракцией физической глины и торием и калием, а также обратная связь между фракцией песка и торием. Средняя сила связи прослеживалась для калия с торием и радием, цезием и радием, торием и калием по отношению к фракциям средней и мелкой пыли (0.5) и грубого ила (0.69) и между фракцией крупной пыли и активностью тория (0.54)

ЛИТЕРАТУРА

1. Резункова О.П. Роль природного радиоактивного фона в управлении физиологическими процессами в живых системах: Учебное пособие / О.П. Резункова, Е.З. Гак // С.-Петербург. гос. ун-т телекоммуникаций им. А.М. Бонч-Бруевича СПб.: Изд-во ГОУВПО СПбГУТ. 2008. 34 с.
2. *Нейтрализация загрязненных почв*: монография. Под общей редакцией Ю.А. Мажайского. Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИиМ Россельхозакадемии, 2008 г. С. 185–195.
3. Дербенцева А.М., Степанова А.И., Пилипушка Л.Г., Крупская Л.Т., Кубарева Т.С., Пилипушка В.Н. Химическая деградация почв юга Дальнего Востока. Уч. Пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2005. – 73 с.
4. Алексахин Р.М., Таскаев А.И. Некоторые актуальные проблемы почвенной радиозкологии. Почвоведение. – 1988. – №7. – С. 115–123.
5. Мингареева Е.В. Радионуклиды в почвах основных типов ландшафтов Северо-Запада России // Материалы Всероссийской научной конференции XV Докучаевские молодежные чтения «Почва как природная биогеогеомембрана». СПб.: ВВМ, 2012 г. С. 10–13.
6. Вернадский В.И. Очерки геохимии. 7-е изд. М.: Наука, 1983. (4-е русское) 422 с.

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И АЗОТА В ПОЧВАХ
ОСТРОВА КИНГ-ДЖОРДЖ, ЗАПАДНАЯ АНТАРКТИКА

Н.В. Мухаметова, Е.В. Абакумов

Санкт-Петербургский государственный университет, e_abakumov@mail.ru

Приводятся оригинальные сведения о содержании органического углерода и азота в почвах субантарктического о-ва Кинг-Джордж. Аналитические данные подтверждают высокое разнообразие почв в субантарктических тундрах. Несмотря на суровые климатические условия, специфика органоаккумулятивных процессов способствует накоплению существенных количеств органического вещества в почвах. Данные о содержании гумуса позволили провести уточнение диагностики почвенных горизонтов.

ВВЕДЕНИЕ

Свободная ото льда часть Антарктики составляет менее 2 % от всего континента и расположена в основном на континентальном побережье, а также на Антарктическом полуострове и в Антарктических оазисах. На этих территориях возможно почвообразование, проявляющееся в различных формах организации профилей.

Почвы Антарктики и, в особенности, Субантарктики весьма разнообразны. На территории субантарктических островов существенное разнообразие почв связано с пространственной неоднородностью почвообразующих пород, а также наличием самых разнообразных веществ-предшественников для гумусообразования [1]. Особый интерес для географии и химии почв представляет область субантарктической маритимной Антарктики, к которой относится остров Кинг-Джордж (архипелаг Южно-Шетландские о-ва) (рис. 1), на котором расположена отечественная полярная станция Беллинсгаузен, а также ряд полярных станций других государств. Для этой территории характерно высокое разнообразие источников поступления органогенного материала (мхи, лишайники, водоросли, сосудистые растения, гуано птиц и фекалии млекопитающих), наличие разновозрастных ландшафтов (от современных моренных гряд до раннеголоценовых холмисто-моренных ландшафтов), а также относительно мягкие климатические условия, которые способствуют развитию процессов аккумуляции органического вещества в почвах.

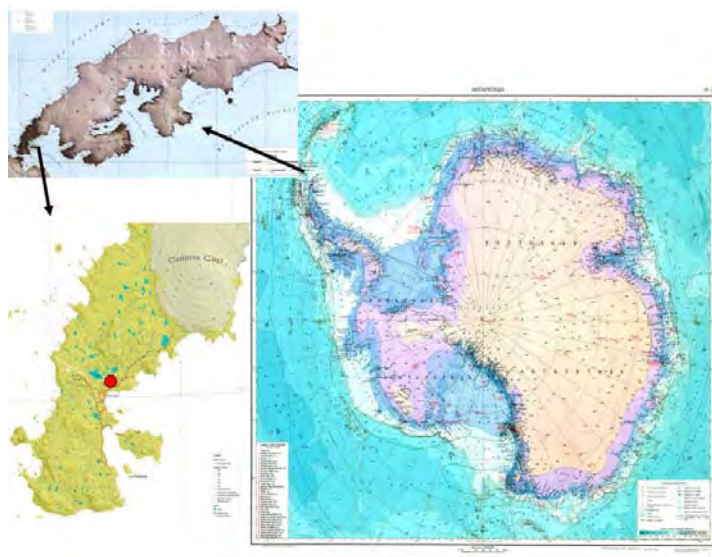


Рисунок 1. Расположение острова Кинг-Джордж в Западной Антарктике и станции Беллинсгаузен на полуострове Файлдс.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 12-04-00680-а.

© Н.В. Мухаметова, Е.В. Абакумов, 2012

Почвы Южно-Шетландских островов исследовались ранее. В наибольшей степени изучены почвы о-ва Кинг-Джордж в таких направлениях, как морфология и микроморфология [2, 3, 6], физико-химические параметры [4, 5], процессы биогенной аккумуляции веществ в почвах [7, 8] и т.д. Выявлено существенное разнообразие почв острова, однако не до конца решенными остаются вопросы диагностики верхних органо-минеральных горизонтов.

В связи с актуальностью оценки разнообразия почв, а также для уточнения диагностики органо-минеральных и органогенных горизонтов почв и для оценки уровней развития биогенно-аккумулятивных процессов целью данной работы было определение содержания углерода органических соединений и общего азота в почвах о-ва Кинг-Джордж.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Аналитические исследования выполнены на основе полевых материалов 53-й (2007–2008 гг.) и 55-й (2009–2010 гг.) Российской Антарктической экспедиций. Пробы почв, их описания и фотографические материалы получены участником почвенно-мерзлотного и микробиологического отрядов сезонных экспедиций Е.В. Абакумовым.

Почвы представлены литоземами, петроземами, криоземами, глееземами, также проанализирован образец почвы под гуано. Описания почв и их диагностика частично опубликованы ранее [3]. Характерные профили изученных почв приведены на рис. 2. Определяли следующие аналитические характеристики: содержание углерода органических соединений методом Тюрина (в образцах с высоким содержанием углерода, был использован метод Анстета) и содержание общего азота методом Кьельдаля.

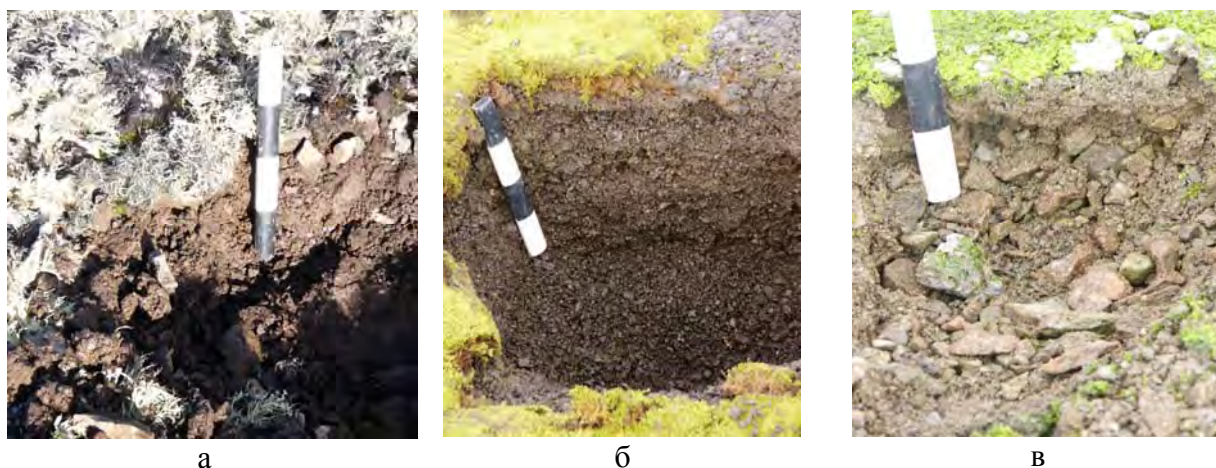


Рисунок 2. Примеры профилей почв о-ва Кинг-Джордж, а – петрозем под лишайником, б – литозем под мхом, в – литозем под водорослями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Содержание углерода органических соединений в верхних органо-минеральных горизонтах почв острова Кинг-Джордж – различно. Так, оно составляет около 8.1 % в литоземах, 8.0 % в петроземах, 5.1 % в криоземах, 4.6 % в глееземах почв под мхами. В почвах под различными мхами средняя величина отношения C/N в верхних органогенных горизонтах литоземов составляет в среднем 14.6, в случае криоземов – 21.6, глееземов – 10.5. В органо-минеральных горизонтах изученных почв под мхами (литоземов, криоземов, глееземов) среднее соотношение C/N составляет 7.0.

Содержание углерода в органогенных горизонтах почв под лишайниками достигает 40 %, в органо-минеральных горизонтах этих почв изменяется от 1.5 до 9.0 %. В органогенных горизонтах почв под лишайниками средний показатель C/N составил 33.8 в литоземах, 17.2 в криоземах, в минеральных горизонтах соотношение C/N в среднем равно 11.3.

Почвы, образующиеся куртинками щучки (преимущественно литоземы, в частности, серогумусовые), характеризуются средним показателем C/N около 7.5 при содержании Сорг около 2.2 % в серогумусовом горизонте и 13.4 % в горизонте АН. Отношение углерода к азоту в почвах под водорослево-бактериальными матами – около 8.7, а содержание углерода – около 11.3 %.

В моренном материале – сотые, реже – десятые доли процента. В мощных торфяных почвах содержание углерода достигает 34 % (по Анстету).

Отличительная особенность антарктического почвенного покрова – это широкое распространение органогенных (орнитогенных) почв, сформировавшихся под слоями гуано пингвинов. Здесь отношение углерода к азоту снижается до 4 единиц и ниже, в связи большим содержанием азота в почвах пляжей.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволили уточнить диагностику почв о-ва Кинг-Джордж. В частности, установлено, что органо-минеральные горизонты представлены не только серогумусовыми (АУ), но и грубогумусовыми (АО) или грубогумусированными (Аао) горизонтами, а также, в некоторых случаях – гумусовыми слабо развитыми горизонтами (W). Это позволяет выделять на территории острова не только литоземы серогумусовые, но и грубогумусовые, грубогумусированные, а также аналогичные петроземам.

Сравнительно высокое содержание органического вещества в органо-минеральных горизонтах почв о-ва Кинг-Джордж свидетельствует о медленной трансформации органических остатков в почвах, что приводит к накоплению тонкодисперсных органических остатков, которые невозможно удалить при подготовке проб почв к анализу. Эта фракция органического вещества представляет основу микростроения грубогумусовых и грубогумусированных горизонтов почв.

Повышенное содержание азота, выражающееся в соответствующих отношениях C/N связано с накоплением азота, привнесенного ранее с гуано. Это касается не только действующих пляжей пингвинов, но и тех участков, где развиваются посторнитогенные сукцессии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абакумов Е.В.* Источники и состав гумуса некоторых почв западной Антарктики// Почвоведение. 2010. № 5. С. 538–547.
2. *Абакумов Е.В., Помелов В.Н., Власов Д.Ю., Крыленков В.А.* Морфологическая организация почв Западной Антарктики// Вестник С.-Петербур. ун-та. 2008. – Сер. 3. Вып. 3. С. 102–115.
3. *Абакумов Е.В.* Микроморфология некоторых антарктических почв из районов расположения российских полярных станций// Материалы по изучению русских почв. – 2009. Вып. 6. С. 11–14.
4. *D.Yu. Vlasov, E.V. Abakumov, M.A. Nadporozhskaya, N.V. Kovsh, V.A. Krylenkov, V.V. Lukin, and E.V. Safronova.* Lithosols of King George Island, Western Antarctica // Eurasian Soil Science. V. 38. No. 7. 2005. P. 681–687.
5. *Navas A., Lopez-Martinez J., Casas J. et al.* Soil characteristics on varying substrates in the South Shetland Islands, maritime Antarctica // Geoderma. 2008. V. 144. P. 123–139.
6. *Shaefer C.E.G.R., Simas F.N.B., Gilkes R.J., Mathison C., da Costa L.M., Albuquerque A.* Micromorphology and microchemistry of selected Cryosols from maritime Antarctica // Geoderma. 2008. V. 144. P. 104–115.
7. *Simas F.N.B., Shaefer C. E. G.R., Melo V. F., Albuquerque-Filho M. R., Michel R. F.M., Pereira V.V., Gomes M. R.M., da Costa L.M.* Ornithogenic cryosols from Maritime Antarctica: Phosphatization as a soil forming process // Geoderma. 2007. V. 138. P. 191–203.
8. *Zhao Ye.* The soil and environment in the Fildes Peninsula of Kind George Island, Antarctica. – China. Beijing. 2000. 187 p.

ПОЧВЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАК БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ БАРЬЕР НА ПУТИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

С.Г. Новиков

Институт леса, Карельский научный центр РАН, Петрозаводск

Представлена характеристика агрохимических показателей почв урбанизированных территорий в зависимости от категории землепользования (на примере города Петрозаводска). Дана оценка уровня загрязнения почв тяжелыми металлами (Pb, Cu, Zn, Ni, Cd). Выявлено, что почвы урбанизированных территорий на начальном уровне загрязнения способны выполнять роль биогеохимического барьера на пути поллютантов по отношению к грунтовым водам.

Проблема экологической оценки состояния и мониторинга земель является одной из наиболее важных проблем современного практического почвоведения. Она включает широкий спектр вопросов, среди которых оценка потенциального и актуального плодородия, определение уровня загрязненности химическими соединениями и радионуклидами, анализ технологических свойств, пригодности к размещению строительных объектов и коммуникаций, наконец, исследование почв как объектов ландшафтного дизайна и санитарии.

Проблема загрязнения почвы подвижными формами тяжелых металлов в настоящее время является наиболее актуальной, так как в последние годы загрязнение окружающей среды приняло угрожающий характер. В сложившейся ситуации необходимо не только усилить исследования по всем аспектам проблемы тяжелых металлов в биосфере, но и периодически подводить итоги для осмысления результатов, полученных в разных, часто слабо связанных между собой, отраслях науки (Антонова, Сафонова, 2007).

Являясь частью урбанизированной экосистемы, почвы городов резко отличаются по характеру сложения от своих природных аналогов. В этих условиях они представляют из себя потенциальный источник вторичного загрязнения приземного слоя атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, но в то же время являются биогеохимическим барьером на пути тяжелых металлов. Иногда на территории городов образуются природные выходы подземных вод, так называемые родники, вблизи расположения которых в верхних слоях почвы наблюдается повышенное содержание того или иного элемента, но вода во многих из них соответствует требованиям гигиенических нормативов. На территории города Петрозаводска действует семь родников, качество воды которых контролируется Роспотребнадзором Республики Карелия.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

С целью анализа состояния почв города, было заложено пять почвенных профилей, местоположение которых определялось категориями землепользования:

- земли природно-рекреационной зоны (зеленая зона, микрорайон Кукковка);
- земли природно-рекреационной зоны (зеленая зона, микрорайон Ключевая);
- земли резерва (свалка, микрорайон Древянка);
- земли общего пользования (территория ликеро-водочного завода (ЛВЗ), ул. Ригачина);
- земли городской застройки (территория школы №34, микрорайон Кукковка).

Отбор проб проводился из верхних генетических горизонтов на глубину до 50 см.

Исследование почвенных профилей, заложенных нами по категориям землепользования в различных районах города, показало, что в зеленой зоне микрорайона Кукковка почва подзолистая песчаная, а на Ключевой – торфяно-глеевая. Эти почвы, находящиеся в зеленой зоне, сохраняют морфологические признаки, характерные для естественных почв.

Другие три профиля, заложенные в районе свалки, ЛВЗ и территории школы, носят черты техногенного пресса, их мы отнесли к урбаноземам. Выделить в них генетические горизонты не представляется возможным, поэтому отбор образцов проводили по слоям. Описание полученных почвенных профилей представлено в таблице 1.

На территории микрорайона Древлянка для подробного изучения накопления тяжелых металлов в почвах было сделано 52 прикопки. Пробы отбирались из верхних слоев почвы на глубину 20 см. Для каждой точки была произведена географическая привязка по GPS системе навигации, сделано описание близко расположенных объектов: домов, построек, дорог и прочих элементов геотехсистемы; выполнено описание растений; проведено морфологическое описание почв. На исследуемой территории действуют два родника, один из которых находится непосредственно на обочине дороги, на территории городской застройки, рядом с комплексом автогаражей, вблизи расположения которого в верхних слоях почвы прослеживается тенденция к накоплению тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Cr). Вода из этих родников активно используется населением микрорайона в качестве питьевой. Роспотребнадзор предоставил нам данные о том, что вода здесь соответствует гигиеническим нормативам. Что дает возможность наглядно увидеть наличие и действие биогеохимических барьеров в почве.

Таблица 1. Характеристика объектов исследования для проб, отобранных с глубины 0–50 см.

Категории землепользования	Местоположение объекта исследования	Почвенный горизонт (слой)	Характеристика объекта
1. Зеленая зона	Микрорайон Кукковка	Ad 0–9 см; Bf 9–30 см; B2 от 30 см	50 м от автодороги, 300 от жилых домов
2. Зеленая зона	Микрорайон Ключевая	A0T 0–10 см; T1 10–25 см; T2 от 25 см.	100 м от автодороги, 50 м от жилых домов
3. Земли общего пользования	«Ликероводочный завод»	1 слой 0–11 см; 2 слой 11–25 см; 3 слой от 25 см	От озера Онего 200 м, 30 м от автодороги
4. Земли городской застройки	Школа № 34 ул. Кукковка	1 слой 0–13 см; 2 слой 13–30 см; 3 слой от 30 см	Территория пришкольного участка
5. Земли резерва. Территория, прилегающая к свалке в микрорайоне Древлянка	Свалка	1 слой 0–8 см; 2 слой 8–23 см; 3 слой от 23 см	100 м от автодороги, 400 м от жилых домов

Для химического анализа почв в работе использовали общепринятые методы (Агрохимические метод исследования почв, 1975; Федорец, Медведева, 2009): кислотность почвы определяли в водной и солевой вытяжках потенциометрическим методом; определение содержания подвижных форм фосфора и калия проводили по методу Кирсанова; для определения содержания гумуса использовали метод И.В. Тюрина. Определение содержания тяжелых металлов проводили в вытяжке Aqua regia на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В процессе исследования на территории г. Петрозаводска выделено три типа почв:

- подзолистые – на автоморфных местообитаниях в зеленых зонах;
- торфяно-глеевые – на гидроморфных местообитаниях в зеленых зонах;
- урбаноземы – в районах с повышенным воздействием антропогенных факторов.

По величине обменной и гидролитической кислотности почвы на Древянке и на Кукковке относятся к очень кислым, вне зависимости от категории землепользования. В районе ЛВЗ и на Ключевой отмечено подщелачивание почв под воздействием аэротехногенных выбросов промышленных предприятий. По результатам Федорец Н.Г. и Медведевой М.В. (2005) на всей обследованной территории г. Петрозаводска выявлена тенденция подщелачивания почв в результате накопления в почвах натрия, содержащегося в противогололедных антифризах.

В целом почвы достаточно хорошо обеспечены элементами питания, но рекомендуется внесение фосфорных, калийных и азотных удобрений на территории пришкольного участка в микрорайоне Кукковка. Содержание гумуса наибольшее в дерновом горизонте Ad и торфяном горизонте.

На территории микрорайона Древянка установлено, что почвы различных категорий землепользования имеют разную степень нарушенности. Наиболее нарушены почвы на категориях «земли городских застроек».

На территории микрорайона Древянка установленные показатели кислотности близки к показателям естественных подзолистых и болотно-подзолистых почв. Кислотность почвы здесь различна в зависимости от категории землепользования.

По данным Н.Г. Федорец и М.В. Медведевой (2005), представленным в таблице 2, следует, что по мере удаления от свалки содержание металлов (никеля, меди, цинка, кадмия, свинца) заметно снижается. Выявлено, что основное количество поллютантов накапливается в верхних почвенных горизонтах.

Таблица 2. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах, расположенных вблизи городской свалки, мг/кг.

Генетический горизонт	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Расстояние от свалки 10 м					
Ad	72.7	127	1409	7.33	681
A1	44.4	107	1630	7.59	704
Расстояние от свалки 160 м					
Ad	59.3	80.0	73.3	1.46	42.0
A1	32.0	32.0	45.0	0.82	12.0
G	31.0	22.0	Нет	0.85	10.0
Расстояние от свалки 530 м					
Ad	41.7	83.3	133	0.91	41.7
A1	21.0	30.0	Нет	0.92	11.0

Оценка уровня химического загрязнения почвы, как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения, проводилась по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и гигиенических исследованиях окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения. К таким показателям относятся: 1) коэффициент концентрации химического вещества (Kc); 2) суммарный показатель загрязнения (Zc).

Коэффициент концентрации химического вещества (Kc) определяется как отношение фактического содержания определяемого вещества в почве (Ci) (в мг/кг почвы) к региональному фоновому (Cfi):

$$Kc = Ci/Cfi$$

Суммарный показатель загрязнения (Zc) равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей. Он выражается формулой:

$$Zc = (Kci + \dots + Kcn) - (n-1),$$

где: n – число определяемых суммируемых веществ; Kci – коэффициент концентрации i-го компонента загрязнения. (Порядин, Хованский, 1996).

Полученные расчетным путем значения суммарного показателя загрязнения сопоставим с ориентировочной оценочной шкалой уровней и категорий опасности загрязнения почв (табл. 3).

Таблица 3. Оценка степени химического загрязнения почвы*

Zc	Уровень загрязнения почв	Категория загрязнения почв	Изменение показателей здоровья населения в очагах поражения
0	минимальный низкий	чистая	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений.
< 16		допустимая	
16–32	средний	Умеренно опасная	Увеличение общей заболеваемости.
32–128	высокий	опасная	Увеличение общей заболеваемости числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушение функционального состояния сердечно-сосудистой системы.
> 128	очень высокий	чрезвычайно опасная	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофии новорожденных).

* Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: Методические указания. 1999 г

По полученным данным содержания тяжелых металлов в почвах микрорайона Древлянка произвели расчет суммарного показателя загрязнения Zc (табл. 4). Он равен 1.89. Можно сделать вывод, что почвы микрорайона Древлянка имеют минимальный низкий уровень загрязнения тяжелыми металлами (Cd, Pb, Cu, Zn, Ni) и соответствуют допустимой категории загрязнения. По показателям здоровья населения данной категории соответствует наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений (табл. 3). Следует отметить, что в результате высокого воздействия антропогенного пресса в условиях городской застройки отмечена тенденция к накоплению тяжелых металлов в верхних слоях почвы.

Таблица 4. Количественный анализ загрязнения почв микрорайона Древлянка

Загрязняющее вещество	Фоновое содержание, Сф (мг/кг)*	Среднее содержание, С (мг/кг)	Коэффициент концентрации, К
Cd	0.03	0.04	1.33
Pb	4.56	8.27	1.81
Cu	5.93	14.70	2.48
Zn	21.12	19.66	0.93
Ni	10.12	10.33	1.02
Суммарный показатель загрязнения Zc			1.89

* Данные предоставлены лабораторией лесного почвоведения и микробиологии (Институт леса, КарНЦ РАН).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на классификацию физико-химических барьеров А.И. Перельмана (1989), в почвах города Петрозаводска выделили следующие классы барьеров: органо-сорбционные и сорбционные. В почвах зеленой зоны тяжелые металлы накапливаются в верхних горизонтах: органогенных и гумусово-аккумулятивных. На территории городской застройки тяжелые металлы задерживаются также в верхних слоях, что обусловлено тяжелым гранулометрическим составом и высоким уплотнением почвы (сорбционные барьеры).

Так как на исследуемой территории наблюдается накопление тяжелых металлов в почве, а подземные воды соответствуют гигиеническим нормативам питьевой воды, можно сделать вывод, что на данном этапе загрязнения почва в условиях техногенного пресса выполняет одну из своих важных функций – роль биогеохимического барьера, что серьезно ограничивает миграционную способность металлов в городских экосистемах.

Почвы урбанизированных территории целесообразно рассматривать не только в качестве вторичного источника загрязнения окружающей среды, но и как важнейший биогеохимический барьер на пути поллютантов к подземным водам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонова Ю.А., Сафонова М.А. Тяжелые металлы в городских почвах // Фундаментальные исследования. 2007. – № 11. – 48 с.
2. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. 98 с.
3. Федорец Н.Г., Медведева М.В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. – 84 с.
4. Федорец Н.Г., Медведева М.В. Эколого-микробиологическая оценка состояния почв города Петрозаводска. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. – 2005. – 15 с.
5. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Учебное пособие для инженера-эколога/ Под ред. А.Ф. Порядина и А.Д. Хованского. – М.: НУМЦ Минприроды России, Издательский Дом «Прибой», 1996. – 350 с.
6. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: Методические указания. – М.: ФЦ ГСЭН Минздрава России, 1999.
7. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.

Работа рекомендована д.с-х.н. Н.Г. Федорец.

УДК 631.10

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ БАССЕЙНОВ РЕК УГРЫ И ЖИЗДРЫ

Д.Е. Осина

Московский Педагогический Государственный Университет

Статья посвящена особенностям распределения тяжелых металлов в почвах долины Угры и Жиздры. Рассматривается проблема загрязнения металлами почв города Калуги. Целью данного исследования является установление степени трансформации антропогенных почв, долгое время находящихся под воздействием техногенной нагрузки, в сравнении с природными.

Проведенные исследования позволили установить особенности распределения металлов по профилям почв и геохимическим ландшафтам долины Угры и Жиздры. На территории города Калуги выделены районы с различным уровнем загрязнения почвы основными металлами-загрязнителями городской среды. В статье приводится анализ особенностей загрязнения городских почв металлами и дана оценка влияния крупных промышленных производств на загрязнения почв медью, свинцом, цинком и марганцем.

Особая роль в геохимическом мониторинге и оценке экологического состояния окружающей среды отводится изучению тяжелых металлов, которые занимают одно из первых мест в списке приоритетности загрязняющих веществ.

Известное высказывание В.И. Вернадского о том, что человечество становится реальной геологической силой, во многом подтверждается фактом поступления в окружающую среду большого количества химических веществ, в том числе тяжелых металлов и их соединений, не имеющих аналогов в природе [1].

Сами тяжелые металлы являются веществами, которые в повышенных концентрациях вызывают необратимые изменения в живых организмах, в том числе мутации и отравления. Очевидно, что это может существенно влиять на все компоненты геосистем [2]. Учитывая это, исследования загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами представляется приоритетным направлением развития экологии и экологической геохимии.

Актуальность данного исследования определяется также тем, что большую часть территории бассейнов рек Угры и Жиздры занимает национальный парк «Угра», который является самой крупной особо охраняемой природной территорией региона, и на его долю приходится половина площади ООПТ Калужской области, но до сих пор работ по изучению тяжелых металлов в почвах бассейнов рек Угры и Жиздры не проводилось, так же как не проводилось таких работ по изучению городских почв Калуги, города, расположенного в непосредственной близости от национального парка.

Целью исследования является установление степени изменения и трансформации антропогенных биогеосистем, долгое время находящихся под воздействием техногенной нагрузки, по сравнению с природными биогеосистемами.

На подготовительном этапе исследования был проведен картографический анализ территории, намечены районы заложения почвенных разрезов и точки отбора почвенных образцов.

В процессе исследования было отобрано более 180 почвенных образцов, 60 образцов снега и около 50 образцов растительности. Основная часть исследований была проведена с почвой, как основным индикатором состояния биогеосистемы в целом

За условно фоновую территорию был принят национальный парк «Угра», в пределах которого было заложено 4 почвенно-геохимических профиля (15 почвенных разрезов) и отобрано 80 почвенных образцов с разных почвенных горизонтов и геохимических ландшафтов.

За территорию, подверженную антропогенной трансформации, был принят город Калуга, где отобрано более 100 проб почвы в разных районах города (селитебных зонах, ряде промышленных предприятий) с глубины 0–5 см и 20–25 см.

Определение содержания тяжелых металлов проводилось в солянокислых вытяжках (1 н HCl) из почвы методом атомной абсорбции на атомно-абсорбционном спектрофотометре Spektr-5.3. Определялись следующие металлы: медь, цинк, свинец и марганец.

На исследуемой территории представлены различные по механическому составу и генезису почвообразующие породы: лессовидные, моренные и покровные суглинки, пески и комплекс аллювиальные отложения.

Анализ полученных данных свидетельствует, что концентрация подвижных форм меди в почвах правого берега реки Угры значительно выше, чем в аналогичных почвах, сформировавшихся в пределах левого берега (от 1.3 мг/кг до 3.4 мг/кг в гумуссодержащих горизонтах, от 1.6–2.0 мг/кг до 4.4–5.0 мг/кг в горизонтах С). Это обусловлено особенностями почвообразующих пород левого берега Угры, представленных опесчаненными моренными отложениями, а почвы правобережья Угры сформировались на покровных суглинках. Концентрация тяжелых металлов в высокодисперсных частицах, представленных преимущественно глинистыми минералами, в целом выше, чем в обломочных, в том числе благодаря высокой адсорбционной способности глинистых минералов.

Пространственное распределение меди по почвенно-геохимическому профилю, свидетельствует о выраженности процесса геохимического сопряжения, как для почв левобережья Угры, так и для профиля, заложенного на правом берегу реки Угры. На проявление этого процесса указывают наибольшие концентрации металла в аккумулятивных ландшафтных обстановках (поймах) (3.7 мг/кг). Наименьшее содержание данного элемента характерно для водоразделов обоих профилей (0.6 мг/кг). Процесс геохимического перераспределения активных форм меди лучше выражен в почвах правобережья Угры, т.к., с одной стороны, содержание этого металла в них выше, чем в почвах левого берега Угры, и, с другой – почвы правобережья Угры имеют более тяжелый гранулометрический состав.

Для всех подтипов дерново-подзолистых почв бассейна Угры, характерно увеличение концентрации меди от гумусового горизонта к почвообразующей породе, т.к. медь – подвижный металл и вымывается вниз почвенного профиля. Исключение составляет почва, сформировавшаяся в пределах центральной поймы, где содержание меди достигает своего максимума (4.0 мг/кг) в верхних горизонтах. Это объясняется ежегодным поступлением геохимически активных форм данного металла вместе с речными водами и обогащением ими верхних горизонтов почвы.

В долине р. Жиздры распространены различные подтипы псамоземов, почв не встречающихся в аналогичных ландшафтно-геохимических обстановках долины р. Угры. Псамоземы – это песчаные почвы (почвы борových террас), образование которых обусловлено почвообразующей породой, представленной флювиогляциальными песками. Эти почвы сформировались на 1 надпойменных террасах левого и правого берегов р. Жиздры. На первой надпойменной террасе левого берега Жиздры сформировался псамозем на двучленной породе. Из морфологических признаков следует отметить чередование суглинистых почвенных горизонтов с песчаными. В отличие от псамозема оподзоленного, сформированного в аналогичных ландшафтно-геохимических условиях правого берега реки Жиздры, распределение меди по профилю имеет следующие особенности: в суглинистых почвенных горизонтах было отмечено повышенное содержание меди по сравнению с песчаными. Для псамозема оподзоленного характерно постепенное уменьшение концентрации меди вниз по почвенному профилю. Это объясняется тем, что почвообразующая порода представлена песком, обедненным металлами, а так как данный тип почвы сформирован на 1 надпойменной террасе, то верхние почвенные горизонты обогащаются металлами при почвенном переносе от водораздела к пойме. В целом в почвах двух трансект проявляется процесс геохимического сопряжения, т.е. содержание подвижных форм меди в гумусовых горизонтах почв автоморфных ландшафтов ниже, чем в горизонтах почв подчиненных ландшафтов: на водоразделе этот показатель составляет от 0.8 мг/кг до 2.8 мг/кг в почвах правого берега реки Жиздры, от 3.0 мг/кг до 4.2 мг/кг в почвах левого берега реки Жиздры.

Для слоистой почвы прируслового вала правого берега реки Жиздры характерно оглеение горизонтов. В этих горизонтах содержание меди больше по сравнению с выше и нижележащими горизонтами. Очевидно, это связано с тем, что образующиеся в данных горизонтах глей, железо-марганцевые конкреции и примазки адсорбируют на своей поверхности и тяжелые металлы (Cu, Zn, Mn). Для псамозема оподзоленного характерно постепенное уменьшение концентрации меди вниз по почвенному профилю. Это объясняется тем, что почвообразующая порода представлена песком, обедненным как металлами, так и тонкодисперсными частицами, а так как данный тип почвы сформирован на 1 надпойменной террасе, то верхние почвенные горизонты обогащаются металлами под влиянием внутрипочвенного переноса от водораздела к пойме. Особенно следует отметить увеличение содержания меди в почвах 2 надпойменной террасы (серые лесные и дерново-подзолистые почвы) и водораздела от гумусового горизонта вниз по почвенному профилю. Это связано с тем, что почвообразующие породы, на которых сформировались данные почвы (покровный и лессовидный суглинки), обогащены металлами. Для этих почв характерно следующее распределение меди по профилю: в гумусовом горизонте отмечается значительное содержание меди, ниже по профилю происходит уменьшение содержания металла, а при приближении к почвообразующей породе концентрация меди постепенно увеличивается. Обогащение верхних гумусовых горизонтов почв связано с процессом геохимического сопряжения, из переходной части почвенного профиля происходит вымывание в нижележащие горизонты металла.

На содержание марганца в почвах большое влияние оказывает характер растительности [8]. Максимальные значения этого металла соответствуют почвам, сформировавшимся на 2 надпойменных террасах под лесной растительностью, представленной лиственными и хвойными породами деревьев, а также пойменным почвам, сформировавшимся

ся в аккумулятивных ландшафтно-геохимических обстановках. Содержание подвижных форм марганца в этих почвах достигает 210–245 мг/кг. По профилям этих почв наблюдается постепенное уменьшение концентрации марганца от гумусового горизонта вниз. Высокое содержание элемента в верхних гумусовых горизонтах связано с его аккумуляцией в верхнем горизонте почв за счет фиксации органическим веществом [8]. Растения интенсивно накапливают марганец, т.к. он относится к группе необходимых для растений микроэлементов. Высокая концентрация марганца в нижних почвенных горизонтах пойменной почвы левого берега реки Угры и дерново-слабоподзолистой почвы правого берега Угры объясняется наличием в этих горизонтах железо-марганцевых конкреций. Марганец может накапливаться в различных почвенных горизонтах, особенно в обогащенных оксидами и гидроксидами железа. Соединения марганца способны быстро окисляться и восстанавливаться в изменчивых условиях почвенной среды. Из-за низкой растворимости соединений марганца в окислительных условиях при значении рН, близких к нейтральным, даже незначительные изменения рН могут оказать существенное влияние на содержание элемента в почвенном растворе.

Марганец активно участвует в процессах водной миграции. При незначительном развитии эрозии происходит аккумуляция этого элемента в подчиненных элементарных ландшафтах (в особенности – пойма и 1 надпойменные террасы – до 240 мг/кг), по сравнению с водоразделом (139 мг/кг). Особенно ярко выражены процессы аккумуляции марганца в пойменных почвах. Близкое залегание грунтовых вод, высокое содержание гумуса, а также тяжелый гранулометрический состав почв способствует накоплению марганца. Почвенный разрез, заложенный в прирусловой части поймы правого берега реки Жиздры, где была вскрыта слоистая почва прируслового вала, по распределению марганца по профилю почвы отличается от аналогичных пойменных почв левобережья Жиздры. По профилю почвы установлено 3 максимума содержания марганца, которые соответствуют оглееным горизонтам, свидетельствующие о гидрогенном накоплении металла в этих горизонтах. Процессы перераспределения марганца между элементарными ландшафтами обусловлены особенностями мезо- и микрорельефа. Было выявлено закономерное увеличение концентраций подвижных форм марганца (в гумусовом горизонте) от водораздела к пойме всех исследуемых участков. В целом, в большинстве случаев была отмечена аккумуляция подвижных форм металла в гумусовом горизонте (до 240 мг/кг) и его резкое снижение в иллювиальном горизонте (60–120 мг/кг).

Основным источником цинка в почве являются материнские породы. Дополнительными источниками служат атмосферные осадки (пыль и аэрозоли – коллоидные частицы в сухом состоянии или с дождями) и агрохимические средства (удобрение, известкование) [3].

Максимальные значения металла отмечены в пойменных почвах всех исследуемых участков (5–6 мг/кг). Это объясняется, с одной стороны, ежегодным привносом с речными водами микроэлемента в почвенную толщу и его аккумуляцию, и, с другой стороны, с переносом сюда металла из сопряженных ландшафтов. Для большинства исследуемых почв характерно накопление цинка в верхних гумусовых горизонтах, т.к. цинк легко адсорбируется как минералами, так и органической частью почвы. Кроме того, верхние почвенные горизонты имеют более тяжелый гранулометрический состав. В дерново-подзолистых почвах и псамоземах в горизонтах А2 отмечено резкое снижение концентрации данного металла. Объясняется это тем, что металл вымывается в нижнюю часть почвенного профиля. В горизонтах В этих почв содержание цинка заметно увеличивается. Это объясняется двумя причинами: во-первых, привносом сюда вынесенного из вышележащего горизонта А2 подвижного иона Zn^{2+} , который образуется в кислых средах, во-вторых, поступлением металла из почвообразующей породы. Интенсивное развитие водной эрозии, характерное для ландшафтов центральной части Среднерусской возвышенности, способствует перераспределению цинка между сопряженными элементарными ландшафтами. Это явление было отмечено на всех исследуемых участках. Максимальное

содержания металла наблюдается в пойменных почвах (5 мг/кг), а минимум содержания металла – в почвах водоразделов (2 мг/кг).

В распределении подвижных форм свинца по почвенному профилю установлена следующая закономерность: в почвах правого и левого берега реки Угры максимальные концентрации элемента отмечены в верхних горизонтах почв и в почвообразующей породе. В почвах правого и левого берегов Жиздры в распределении свинца по почвенному профилю отмечена обратная закономерность – постепенное уменьшение содержания металла от гумусовых горизонтов к почвообразующей породе. Это связано с тем, что содержание в почвообразующих породах Угорского района исследования свинца значительно ниже, чем в Жиздринском.

Так же следует отметить, что в пространственном перераспределении свинца между сопряженными элементами ландшафта на Жиздринском участке наибольшее содержание металла отмечено в почвах (гумусовые горизонты) водораздельных территорий и постепенное уменьшение концентрации свинца к подчиненным ландшафтам. Это связано с вымыванием металла со склонов. На Угорском участке исследования, наоборот, наименьшая концентрация металла наблюдается на водоразделах, а наибольшая в почвах пойм, т.е. свинец переносится от водораздела к пойме и там аккумулируется.

В пространственном распределении загрязнения цинком почв города Калуги выделяется 1 район с максимальной концентрацией данного металла. Это связано с находящимся в непосредственной близости от точки отбора почвенного образца заводом по производству металлоизделий и металлоконструкций, а также рядом расположенной оживленной городской магистралью (Московское шоссе). Вокруг района с максимальной концентрацией металла и в большей части исторического центра города загрязнение почвы цинком носит умеренный характер. Следует отметить, что в большинстве случаев цинк мигрирует вниз почвенной толщи, и его концентрация на глубине 20–25 см превышает концентрацию на поверхности. Подобное явление может объясняться высоким сродством цинка с подвижными формами гумуса.

Свинец является одним из приоритетных и экологически опасных загрязнителей городской среды. Преобладающая часть его соединений характеризуется небольшой подвижностью и высокой аккумулирующей способностью [4], что приводит к интенсивному накоплению металла в почвах. Основными источниками свинца в городских ландшафтах являются газо-пылевые выбросы автотранспорта и промышленных предприятий [5].

В пространственном отношении участки города, загрязненные свинцом, почти полностью повторяют рисунок сети наиболее оживленных транспортных магистралей. Районы с максимальным и допустимым содержанием свинца в почвах находятся в центральной части города, где наблюдается наибольшее скопление автотранспорта. Это дает основание сделать вывод о том, что главным источником загрязнения является автотранспорт. Большинство сортов бензина до недавнего времени содержали в качестве добавки тетраэтилсвинец. В течении многих лет происходило накопление в почве данного элемента и его миграция вглубь, что подтвердилось результатами исследования. Особенно следует отметить высокую концентрацию свинца в почве у берега Яченского водохранилища. Это объясняется расположенной рядом свалкой бытовых отходов и мусора. Загрязнение почвенных образований свинцом имеет очаговый характер и фиксируется на территории предприятий. Индикация содержания свинца в почвах является одним из основных методов оценки экологического состояния городов [6].

Высокая концентрация марганца характерна для большинства проанализированных образцов почв. Очевидно, это объясняется естественными причинами, а именно высоким содержанием данного элемента в растительности как результат биологического поглощения. В некоторых районах центра города наблюдается пониженное содержание марганца, так как в этих районах меньше растительности и отсутствуют промышленные предприятия. Вместе с тем, следует выделить отдельные очаги с высокой концентрацией данного металла, соответствующие крупным промышленным предприятиям. В ходе анализа по-

лученных данных удалось установить причину повышенного содержания марганца в районе Турынино. В непосредственной близости от точки отбора образца находится сельскохозяйственное предприятие «Агросоюз», которое занимается изготовлением продуктов питания и пшеничной муки, и там же производят отгрузку готовой продукции. Пшеничная мука наряду с железом, серой содержит значительное количество марганца.

Пространственное распределение меди в почвах города Калуги характеризуется наличием одного района с высокой ее концентрацией, что связано с находящимся рядом заводом (завод по производству металлоизделий и металлоконструкций), использующим медь в производственном цикле. Центральная часть города относится к зоне умеренного загрязнения медью, а окраинные и селитебные зоны характеризуются наименьшей концентрацией данного металла. Также как и другие исследованные металлы, медь имеет тенденцию к миграции вглубь почвенного профиля. Самые высокие концентрации меди в почвах города Калуги были отмечены в районе ул. Салтыкова-Щедрина (Калужский завод телеграфной аппаратуры), Грабцевское шоссе (Калужский ламповый завод, использующий вольфрам и медь в производственном цикле).

Также в ходе исследования были определены значения кислотности. Для большинства почвенных образцов характерна слабощелочная реакция. Зона проявления повышенной кислотности почв имеет ограниченное распространение. Учитывая, что наибольшая подвижность всех исследованных форм металлов достигается в сильноокислой среде, удалось выявить общую закономерность, характерную для большинства точек отбора образцов: с глубиной меняется кислотность среды в сторону подкисления. Это может быть связано с поступлением в почву загрязняющих веществ от транспорта и выбросов промышленных предприятий.

Проведенные исследования позволили выделить участки на территории города Калуги с опасным, умеренно опасным и допустимым уровнями загрязнения почвы тяжелыми металлами.

Максимальное содержание всех диагностируемых металлов было отмечено в районе ул. Тульской, что связано с расположенным в непосредственной близости заводом по производству металлоконструкций, а так же на ул. Московской, вдоль которой расположены основные предприятия по производству техники и комплектующих деталей (Турбинный завод, завод транспортного машиностроения, завод «Калужский двигатель», Калужский опытно-ремонтный завод).

Таким образом, районы с наиболее высоким содержанием металлов в почве расположены вблизи крупных промышленных предприятий и автодорог: центральная часть города, юго-восточная и частично восточная части города.

Минимальное содержание металлов в почвах отмечено в западной, северо-западной и северной частях города, что соответствует селитебной зоне.

Анализ содержания тяжелых металлов в пробах почвы, отобранных на территории города с опасным уровнем загрязнения почв, показал, что основными элементами-загрязнителями данных территорий являются свинец, цинк. Все территории с опасным уровнем загрязнения почв комплексом тяжелых металлов приурочены к промышленным предприятиям, а основными источниками загрязнения являются цеха металлообработки и отстойники сточных вод.

Территория селитебной зоны г. Калуги к западу и востоку от предприятий относится к зоне опасного загрязнения, что связано с атмосферным переносом со стороны этих предприятий и с ливневыми поверхностными стоками. Кроме того, участки опасного загрязнения почв тяжелыми металлами приурочены к территориям города с разветвленными сетями железных дорог, территориям с интенсивным движением автотранспорта, а также к территориям мелких ремонтных предприятий и автогаражей.

Общий анализ загрязнения почв г. Калуги геохимически активными формами тяжелых металлов показал в целом умеренный характер загрязнения для исследованной территории.

ВЫВОДЫ

1. Для антропогенно измененных почв города Калуги характерны наибольшие концентрации цинка и свинца, что является следствием длительной техногенной нагрузки на почвы города, отсутствующей в природных ландшафтах. Для фоновых почв национального парка «Угра» отмечены наибольшие концентрации марганца, что связано с обильной растительностью, накапливающей металл и обогащающей им почву.

2. Высокое содержание марганца в антропогенно измененных почвах города Калуги связано, главным образом, не с техногенным поступлением металла в почву, а с обильной растительностью, характерной для всего города. За исключением центральных районов города, где меньше растительности и концентрации металла значительно ниже.

3. Наибольшие концентрации тяжелых металлов в городских почвах отмечены в центральном, юго-восточном и частично восточном районах города, что связано с преобладающими ветрами западного и северо-западного направлений, и атмосферным переносом, а также с находящимися в этих районах промышленными предприятиями, минимальное содержание металлов в почвах отмечено в западной, северо-западной и северной частях города, что соответствует селитебной зоне; максимальные концентрации металлов в природных почвах отмечены в аккумулятивных ландшафтах (поймах), что является следствием процесса геохимического сопряжения, сноса подвижных микроэлементов вниз по почвенному склону и аккумуляции в подчиненных ландшафтах.

4. Установлено, что чем выше содержание гумуса в почвах, тем в большей мере накапливается медь, цинк. Это характерно для верхних гумусовых горизонтов исследованных почв. Эти элементы участвуют в малом биологическом круговороте веществ. Именно поэтому пойменные почвы исследуемых территорий отличаются наибольшим богатством микроэлементов. Распределение подвижных форм меди и цинка в элементарных ландшафтах, связанных процессами геохимического сопряжения, носит сходный характер. Концентрации меди в гумусовом горизонте почв уменьшаются от водораздела к пойме. Цинк, являясь подвижным металлом, аккумулируется в подчиненных ландшафтах.

5. Колебания в содержании тяжелых металлов в одном и том же подтипе почв зависят от породы и характера растительности: содержание меди в дерново-подзолистых почвах на песках – 0.9 мг/кг, а на суглинках – 4.2 мг/кг, цинка соответственно 0.4 мг/кг, 5.9 мг/кг.

6. Наиболее сложен микроэлементарный профиль пойменных почв. Для пойменной почвы левого берега Жиздры характерна интенсивная концентрация всех исследованных микроэлементов в верхней части почвенного профиля, очевидно, это связано с сочетанием механической, гидрогенной и биогенной аккумуляции. В пойменной почве правого берега реки Угры распределение металлов по почвенному профилю носит равномерный характер, т.е. в верхней гумусовой части профиля преобладает биогенная и механическая аккумуляция, а в нижних – гидрогенная.

7. Концентрации всех исследуемых металлов в природных почвах в среднем меньше, чем в городских, по меди в 13 раз, цинку в 9 раз, свинцу в 10 раз и марганцу в 2 раза соответственно.

Полученные в ходе исследования материалы переданы в региональное министерство экологии и природопользования, в комитет по охране окружающей среды городской управы г. Калуги и в дирекцию НП «Угра». На основе этих данных в настоящее время разрабатывается система мониторинга окружающей среды, ранее не существовавшая в данном регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Геохимия окружающей среды* / Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. – М: Недра, 1990. 335 с.
2. *Водяницкий Ю.Н., Добровольский В.В.* Металлы в почвах. – М., 1998. 216 с.

3. *Алексеев Ю.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
4. *Свинец в окружающей среде.* – М.: Наука, 1987. 181 с.
5. *Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е.* Накопление подвижных и валовых форм свинца в городских почвах (на примере г. Москвы) / Экология урбанизированных территорий. № 1. 2009. – Издательский дом «Камертон». – С. 76–82.
6. *Касимов Н.С.* Методология и методика ландшафтно-геохимического анализа городов / Экогеохимия городов / Под ред. Н.С. Касимова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 336 с.
7. *Добровольский В.В.* Гипергенез и коры выветривания. – М.: Научный мир, 2007.
8. *Кабата-Пендиас Н., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

УДК 631.48

ОСОБЕННОСТИ НАЧАЛЬНОГО ПЕДОГЕНЕЗА НА ОТВАЛАХ КАРЬЕРОВ МИХАЙЛОВСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

Т.А. Пигарева

Санкт-Петербургский государственный университет

Работа направлена на исследование процессов восстановления почв на отвалах Михайловского ГОКа. Изучены моногенетические маломощные, слаборазвитые почвы разных возрастов – 10–15–20 лет на отвалах различного вещественного состава. Обсуждаются сведения о составе и свойствах молодых почв.

ВВЕДЕНИЕ

Почти все почвы Земли в большей или меньшей степени подвержены антропогенным воздействиям: от минимальных, связанных с изменением соотношения парниковых газов атмосфере, до почти полного уничтожения при добыче полезных ископаемых [1].

Объем мировой добычи полезных ископаемых увеличивается в 2 раза каждые 15–18 лет, а в России – каждые 8–10 лет. Объемы горных пород, перемещаемых с помощью современной техники, стали сопоставимыми с масштабами геологических процессов. В России добывается около 17 % нефти, 25 % газа, 15 % каменного угля и 14 % железной руды от мирового объема [2]. Общая площадь нарушенных земель в России по состоянию на 2002 год составила 1.1 млн. га [3]. Добыча полезных ископаемых сопровождается образованием природно-технических комплексов, воздействие которых сказывается на обширных территориях. Большая часть нарушений почвенного покрова, вплоть до его полного уничтожения, приходится на предприятия по добыче металлов и угольной промышленности. Примерно 75 % всех полезных ископаемых добываются открытым способом.

При открытом способе добычи преобладают карьеры, выемки и насыпи различного размера. Наиболее крупные карьеры в Российской Федерации – котлованы глубиной до 500 м – находятся в Назаровском угольном бассейне в Краснодарском крае, до 300 м – железорудной Курской магнитной аномалии (КМА).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В настоящий момент площади земель, нарушенных в ходе работы предприятий КМА, составляют 10 836 га, в том числе 5 720 га пашни; при этом в ближайшие годы им будет отведено еще 6.1 тыс. га земель, в том числе 3.4 тыс. га пашни. В частности, на Михайловском ГОКе под отвалами карьеров занято более 2 000 га, которые отмечаются систематической дефляцией. С одного гектара территории переносится 800 т пылевых частиц в год, которые загрязняют атмосферу, почву, водоемы.

В условиях Курской Магнитной аномалии основным предприятием по добыче железной руды является – Михайловский ГОК, ведущий добычу открытым способом. Отвалы этого горнодобывающего предприятия являются объектами настоящего исследования, где было отобрано 27 проб почв из 9 разрезов.

Методология почвенных и почвенно-экологических исследований в техногенных ландшафтах характеризуется определенными особенностями, отличающими ее от подходов к изучению зрелых почв современных наземных экосистем. В техногенных ландшафтах приходится иметь дело с маломощными почвогрунтами, которые часто не проявляют горизонтальной организации, характеризуется высокой пространственной изменчивостью, отличаются вертикальной неоднородностью.

Согласно литературным данным [4] осадочные породы железорудных месторождений КМА, попадающие на вскрышную толщу, представлены четвертичными меловыми, юрскими и наиболее древними отложениями среднего и верхнего девона, залегающими непосредственно на породах докембрийского фундамента. Четвертичные отложения распространены повсеместно и состоят из лессовидных суглинков. Отложения юрской системы – это келловейские глины и батовские пески; именно эти отложения формируют основные массивы отвалов.

Отвальные вскрышные породы представлены селективно уложенными слоями (смесь батовских песков и келловейских глин внизу, а сверху лессовидные суглинки). Молодые почвы, таким образом, формируются на лессовидных суглинках (почва 20-летнего возраста), или смеси вскрышных пород песка и глины (почвы 15- и 10-летнего возраста).

По Классификации и диагностике 2004 года [5], эти почвы относятся к стволу постлитогенных почв, отделу органно-аккумулятивных, типу серогумусовые.

Органно-аккумулятивные почвы характеризуются ясно выраженным гумусовым горизонтом, постепенно сменяющимся малоизмененной почвообразующей породой (тип профиля А-С, иногда и А-АС-С). Серогумусовые почвы характеризуются наличием диагностического серогумусового горизонта, постепенно переходящий в почвообразующую породу [5].

По классификации В.А. Андроханова [6], 20- и 15-летние почвы относят к эмбриоземам гумусо-аккумулятивным, а почва 10-летнего возраста – к эмбриоземам глеевым.

Методы используемые в исследовании делятся две группы – сравнительно морфологические (макроморфологические методы) и сравнительно аналитические (CaCO_3 , pH, С_{общ}, Н_{общ}, $\text{C}_{\text{гк}} + \text{C}_{\text{фк}}$, характеристика почвенных микроорганизмов)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Скорость начального почвообразования можно оценить по полевым данным макроморфологического исследования представленным в таблице 1. Линейная скорость педогенеза рассчитывалась как частное от деления мощности горизонта на возраст почвы; скорость гумусонакопления – как частное от деления разности между содержанием гумуса в горизонте АУ и в породе на возраст почвы.

В данном исследовании линейная скорость педогенеза с возрастом почв снижается (1.5 см в год в 10-летней почве, 1 см в год в 15-летней и 0.75 см в 20-летней почве, что в целом подтверждает положение о том, что наиболее интенсивный период начального почвообразования включает 10–20 лет.

Максимальная скорость гумусонакопления выявлена в почве гидроморфного участка 10-летнего возраста, развитой на смеси вскрышных пород, что связано с особенностями водно-воздушного режима, затрудняющими минерализацию растительных остатков. В автоморфных почвах относительно большей скоростью накопления органического вещества характеризуется 20-летняя почва на лессовидных суглинках (0.11 % гумуса в год); в почве, развитой на смеси песков и органогенных глин, скорость накопления органического вещества значительно ниже (0.035 % гумуса в год).

Таблица 1. Морфологические признаки и скорости почвообразования на отвалах КМА.

Горизонт и его мощность	Диагностические признаки	Морфология горизонта	Линейная скорость почвообразования
20-летняя серогумусовая глеевая тяжелосуглинистая почва на лессовидных суглинках			
АУ (15 см)	Серый или буро-серый, комковато-порошистая структура, преобладают фульвокислоты, имеет слабо- разложившиеся растительные остатки	Влажный, палево-серый, комковато-плитчатый, много корней травянистых и древесных растений.	Скорость прироста мощности профиля: 0.75 см в год Скорость гумусонакопления: 0.11 % гумуса в год
АС (8 см)	Это переходный горизонт	Влажный, палево-серый с редкими серыми пятнами, неясно плитчатая структура, тяжелый суглинок, плотный, корни растений.	Скорость прироста мощности профиля: 0.40 см в год Скорость гумусонакопления: 0.004 % гумуса в год
15-летняя серогумусовая легкосуглинистая почва на вскрышных породах, представленных глинами и песками			
АУ (15 см)	Серый или буро-серый, комковато-порошистая структура, преобладают фульвокислоты, имеет слабо- разложившиеся растительные остатки	Мокрый, серый, мелкокомковатый, много корней.	Скорость прироста мощности профиля: 1.0 см в год Скорость гумусонакопления: 0.035 % гумуса в год
10-летняя серогумусовая глеевая тяжелосуглинистая почва на вскрышных породах, представленных глинами и песками			
АУ (15 см)	Серый или буро-серый, комковато-порошистая структура, преобладают фульвокислоты, имеет слабо разложившиеся растительные остатки	Мокрый, серый, призматическо-комковатый, обилие корней	Скорость прироста мощности профиля: 1.50 см в год Скорость гумусонакопления: 0.15 % гумуса в год

При использовании сравнительно-аналитических методов одной из важных характеристик почв является детальное исследование состава и качества органического вещества исследуемых объектов в верхних горизонтах почв и субстратах было изучено содержание общего содержания углерода, водорастворимого гумуса, а также проведен групповой анализ форм гумуса представленных в таблице 2.

Таблица 2. Характеристика органического вещества исследованных объектов.

Горизонт и его мощность	С общ, %	Гумус, %	С вод.	С ГК+С ФК	С ГК	С ФК	С ГК / С ФК
			% к почве % к С общ	% к почве % к С общ	% к почве % к С общ	% к почве % к С общ	
20 АУ 1–15 см	1.30± 0.21	2.25	<u>0.23±0.10</u> 17.85	<u>0.81±0.25</u> 61.96	<u>0.23±0.07</u> 20.18	<u>0.58±0.31</u> 44.14	0.40
15 АУ 0–15 см	0.64± 0.05	1.11	<u>0.18±0.01</u> 28.66	<u>0.31±0.05</u> 48.49	<u>0.13±0.09</u> 17.82±	<u>0.18±0.12</u> 28.30	0.71
10 АУ 0–15 см	1.22± 0.13	2.10	<u>0.09±0.02</u> 7.68	<u>0.26±0.07</u> 21.46	<u>0.16±0.08</u> 12.97	<u>0.10±0.11</u> 8.53	1.51

Степень гумификации во всех изученных образцах была невысокой и закономерно увеличивалась с возрастом почв: от 21.5 % в 10-летней почве до 48.5 % в почве 15 лет и 62 % в 20-летней почве. В автоморфной почве 15 лет формируется гуматно-фульватный

тип гумуса, в 20-летней – фульватный, и в гидроморфной почве 10 лет – гуматный (рис. 1). Возможно, такая закономерность связана с влиянием почвообразующих пород: в случае почвы 20-летнего возраста породы бедны органическим веществом, а в случае почв 15 и 10 лет – относительно обогащены.

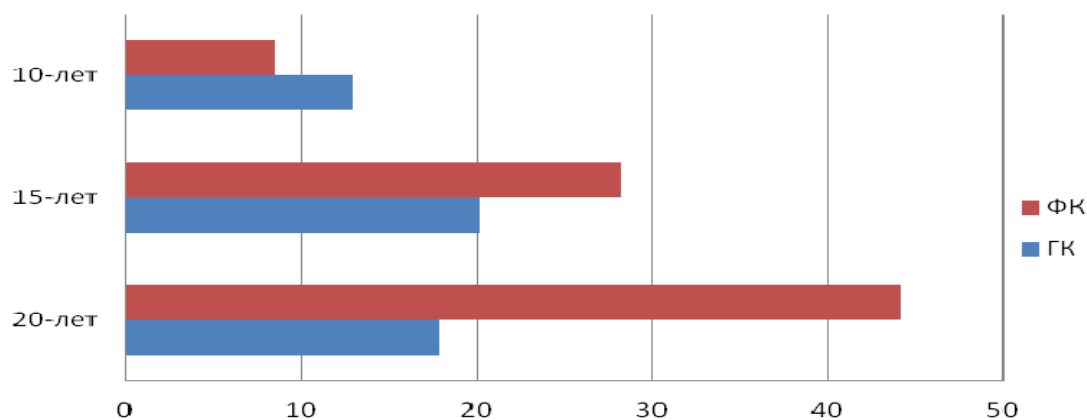


Рисунок 1. Отношение гуминовых и фульвокислот к общему содержанию углерода

Содержание водорастворимого гумуса показывает процентную часть высокоподвижных органических веществ, которые доступны для микроорганизмов и растений. В наших исследованиях абсолютное содержание этой фракции органического вещества постепенно возрастает с возрастом почв – от 0.9 % в 10-летней через 0.18 % в 15-летней почве до 0.23 % в 20-летней почве.

Анализ данных по микробной биомассе представленной в таблице 3 показывает, что в целом значения близки между собой (нет статистически достоверных различий между почвами) и относительно невысокие.

Таблица 3. Микробная биомасса и метаболический коэффициент.

Горизонт	Глубина, см	Микробная биомасса микрограмм /г почвы	Метаболический коэффициент
20 лет АУ	0–15	12.66±2.64	0.02±0.004
20 лет АС	15–23	6.33±2.64	0.03±0.02
15 лет АУ	0–15	12.66±2.19	0.01±0.006
10 лет АУ	0–15	7.59±0.84	0.02±0.003

Выявлено, что метаболическая активность микробных сообществ изученных почв невелика, т.к. метаболический коэффициент в размерности сотых долей единицы свидетельствует о медленных процессах трансформации органического вещества в почвах. Но стоит отметить максимальные значения микробиологической активности в 20- и 15-летних почвах, что свидетельствует об аккумулятивном тренде гумусонакопления.

ВЫВОДЫ

1. Изученные новообразованные почвы Михайловского ГОК являются органно-аккумулятивными серогумусовыми (по Классификации 2004 года); по классификации В.А. Андроханова, 20- и 15-летние почвы относят к эмбриоземам гумусо-аккумулятивным, а почва 10-летнего возраста – к эмбриоземам глеевым.

2. Основными почвообразующими процессами, диагностированными в молодых почвах, являются: гумусо-аккумулятивный (увеличение содержания органического углерода, возрастание степени гумификации).

3. Выявлены тренды увеличения степени гумификации органического вещества с увеличением возраста почв. В автоморфных условиях в почвах на лессовидных суглинках

формируется фульватный тип гумуса, в почвах на смеси вскрышных пород, часть которых обогащена органическим веществом – гуматно-фульватный; в условиях переувлажнения на смеси пород тип гумуса – гуматный. Биологическая активность максимальна в верхних горизонтах почв, что также свидетельствует о гумусоаккумуляции и гумусонакоплении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация). М., 2003. 8 с.
2. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. М., 2000. 185 с.
3. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Технозеи: свойства, режимы, функционирование. Новосибирск, 2000. 200 с.
4. Бурыкин А.М. Условия почвообразования в техногенных ландшафтах в связи с рекультивацией (на примере Курской магнитной аномалии)// Рекультивация земель и улучшение малопродуктивных угодий на территории КМА/Науч.тр./ Воронеж, 1990.
5. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л.Шишов, В.Д.Тонконогов, И.И.Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск, 2004. 178–180 с.
6. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Технозеи: свойства, режимы, функционирование. Новосибирск, 2000. 200 с.

Работа рекомендована к.б.н., ст. преп. кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ Е.В. Абакумовым.

УДК 631.48

О НАХОЖДЕНИИ ТРУБЧЕВСКОЙ ПАЛЕОПОЧВЫ В ОПОРНОМ РАЗРЕЗЕ ПОЗДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА ЧЕРЕМОШНИК (ЦЕНТР ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ) И ЕЕ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОМ ЗНАЧЕНИИ

А.В. Русаков, М.Ю. Битюков

Санкт-Петербургский государственный университет

Впервые для ближайшей перигляциальной зоны центра Русской равнины (опорный разрез позднего неоплейстоцена Черемошник, Ярославское Поволжье) охарактеризована поздневалдайская (~17 тыс. л.н.) надмерзлотно-дерново-глеевая палеопочва, составляющая среднее звено почвенно-осадочной толщи разреза. Приведены морфологические, физические и физико-химические свойства палеопочвы и выявлена хорошая сохранность палеодогенной информации в почвенно-осадочной толще опорного разреза. Установлен самый северный ареал нахождения трубчевской почвы на территории центральной части Русской равнины.

ВВЕДЕНИЕ

Опорный разрез позднего неоплейстоцена Черемошник, приуроченный к поверхности валдайской балочной террасы (абс. отм. ~155 м) в пределах Борисоглебской возвышенности, является важным объектом палеогеографии перигляциальной зоны центра Русской равнины. Этот объект более 60 лет привлекает внимание геологов-четвертичников, палеогеографов, специалистов смежных дисциплин, в том числе палеопедологов. Основные причины столь пристального внимания исследователей к этому хорошо известному разрезу в центре Ярославского Поволжья, по нашему мнению, сводятся к следующим до сих пор нерешенным проблемам. Во-первых, не до конца определен генезис, возраст и стратиграфическое положение слагающих основание разреза органогенных (предположительно микулинских отложений). Во-вторых, генезис и возраст пере-

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-04-00392а).

© А.В. Русаков, М.Ю. Битюков, 2012

крывающих эти осадки мореноподобных отложений (собственно тело балочной террасы) остаются проблематичными. В то же время, не уделялось достаточного внимания комплексу средне- и поздневалдайским палеопочвам и педо/литоседиментам, сформированным в период сложной и контрастной природной обстановки валдайского криохрона. Особенно это касается малоизученных слаборазвитых палеопочв, формирование которых осуществлялось в кратковременные этапы потепления в целом сурового в климатическом отношении заключительный периода валдайской эпохи.

ОБЪЕКТЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

В течение 2008–2012 гг. нами проводилась расчистка вновь открытого обнажения опорного разреза Чермошник, изучена стратиграфия, генетические типы отложений, определен по ^{14}C возраст гиттий, палеопочв и педо/литоседиментов, что позволило выделить, диагностировать и проанализировать разновозрастную полигенетическую почвенно-осадочную толщу (полный разрез) мощностью около 7 м. Предварительные результаты исследований в кратком виде опубликованы нами ранее (Битюков, 2010; 2011; 2012; Русаков, Симакова, 2011).

Ниже в кратком виде приводится стратиграфия вскрытых слоев и палеопочвенных серий опорного разреза Чермошник. В основании разреза (4.2–3.9 м, видимая вскрытая и проанализированная толща разреза на 2010 г.) – гиттия, обогащенная линзами и пропластками заметно заиленного темно-бурого низинного торфа, включения фрагментов древесных остатков – коры, корней, стеблей. На глубине 3.9–3.4 м – темно-серая легкосуглинистая гиттия, прослеживается четкая косая несогласованная слоистость, обилие кварцевых зерен, встречаются тонкие прослойки торфа, остатки древесной растительности. Возраст гиттии по ^{14}C составляет 39600 ± 1200 л.н. (ИГАН 3932). Более поздние исследования подтвердили средневалдайский возраст формирования верхней пачки гиттий (42250 ± 3100 л.н. (ИГАН 4150)). Выше по разрезу описанные слои резко сменяются палеоглеевой толщей (3.4–3.2 м), представленной сохранившимся горизонтом Gb брянской палеопочвы, для которого характерна сизовато-серая окраска, наличие роренштейнов по ходам древних корней.

Основная толща тела террасы (3.2–2.4 м) представлена буровато-рыжей и красновато-рыжей легко- и среднесуглинистой толщей опесчаненного мореноподобного переотложенного суглинка, обогащенного мелкими валунчиками и единичными крупными валунами.

На глубине ~2.4–2.3 м диагностирована отчетливо выраженная на всем протяжении расчистки маломощная поздневалдайская надмерзлотно-дерново-глеевая палеопочва, возраст палеогумусового горизонта которой по ^{14}C составляет 16530 ± 380 л.н. (ИГАН 3932). Палеопочва перекрыта рыжевато-охристой опесчаненной суглинистой толщей, обогащенной валунчиками (2.3–2.0 м). Вверх по разрезу резко выделяется «кармановидное» заполнение, представленное грубопесчано-гравийно-галечниковым материалом, резко сменяющееся слоем переотложенных слоистых крупнопылеватых суглинков. Возраст «кармановидного» заполнения, по данным ^{14}C сохранившихся фрагментов травянистых растительных остатков, составляет 9870 ± 120 л.н. (Ki-16679). В толще пылеватых суглинков сформирован стратозем серогумусовый глубоко оглеенный легкосуглинистый. Возраст гор. RU стратозема (~1.5 м) по ^{14}C оценивается в 2630 ± 90 л.н. (ИГАН 2654).

Цель данной статьи – подробно охарактеризовать морфологически хорошо выраженную поздневалдайскую палеопочву опорного разреза Чермошник в палеогеографическом освещении.

Как видно из приведенной выше датировки, данная почва формировалась в кратковременный (около 16–17 тыс. л.н.) период потепления, следовавшем за максимальной стадией последнего оледенения, что соответствует трубчевскому горизонту, или трубчевской почве. О педогенезе слаборазвитых почв поздневалдайского максимума (к которому относится и рассматриваемая нами палеопочва), имеется мало сведений. Учитывая, что

разрез Черемошник находится в ближайшей перигляциальной зоне центра Русской равнины, рассмотрение трубчевской палеопочвы приобретает особое значение, поскольку к настоящему времени изучены палеопочвы этого периода, ареалы, которых расположены значительно южнее нашего района исследования и на другой литогенной основе.

В связи с этим обстоятельством очень кратко рассмотрим особенности трубчевских палеопочв. В перигляциальной зоне Русской равнины в пределах мощной толщи лессов между голоценовой и брянской ископаемой почвами выделяются Валдайский лесс II (деснинский) и Валдайский лесс III (алтыновский), разделенные уровнем слабого интерстадиального почвообразования – трубчевским горизонтом (Динамика ландшафтных..., 2002; Морозова, Нечаев, 2002; Палеогеографическая основа..., 1994). Время формирования указанных лессов и трубчевского горизонта относится к поздневалдайскому времени (МИС2, 24–10 тыс. л.н.). Обычно трубчевский горизонт подвержен криогенному влиянию ярославской фазы криогенеза: «а» (17–15 тыс. л.н.) и «б» (~10.5 тыс. л.н.) (Динамика ландшафтных..., 2002). С другой стороны, по периодизации позднего неоплейстоцена (Палеогеографическая основа..., 1994) трубчевская почва разграничивает деснинский и алтыновский лессы, в которых проявились признаки владимирского и ярославского криогенных горизонтов (соответственно).

Время формирования трубчевской почвы относится к главной фазе холодного полуцикла (20–13 тыс. л.н.) (Морозова, Нечаев, 2002) – времени наибольшего похолодания и аридизации за весь плейстоцен, когда произошла кардинальная перестройка в структуре природной среды.

В верхней лессовой толще (водораздельные поверхности бассейна Днестра и Днепра) трубчевский горизонт локализован на глубине 3–4 м (Динамика ландшафтных..., 2002). При этом горизонт характеризуется как зона с «признаками оглеения»; отсутствует четкая выраженность педогенной организации этой «палеопочвы». Отмечается, что горизонт оглеения проявляется визуально в виде «прослойки зеленовато-сизого оглеенного лесса с буроватыми пятнами ожелезнения» (Динамика ландшафтных..., 2002).

Таким образом, трубчевский горизонт в верхней лессово-почвенно-криогенной толще отложений приледниковой зоны является важным стратиграфическим репером, позволяющим (1) разграничивать этапы лессонакопления в позднеледниковье и (2) маркировать поверхность слаборазвитого (инициального) педогенеза в период кратковременного смягчения климата и развития биоты на заключительных этапах позднего неоплейстоцена. Напомним, что ареалы трубчевской почвы (или «горизонта») выявлены для территории, значительно южнее (далее, чем 200 км) от района нашего исследования – опорного разреза Черемошник.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ стратиграфии валдайской почвенно-осадочной толщи разреза показал, что на глубине ~2.5 м на всем протяжении расчистки отчетливо выделяется маломощная поздневалдайская надмерзлотно-дерново-глеявая палеопочва, сформированная на перетолженных (вероятно солифлюкционным путем) средне-поздневалдайских овражно-балочных наносах (рис). Не исключено поступление пылеватого материала эоловым путем. Профиль почвы имеет строение Agb–Gb и резко выделяется по гранулометрическому составу и окраске от перекрывающей и подстилающей толщи, слагающей балочную террасу. Мощность горизонта Agb составляет 1.2 ± 0.1 см ($n=16$), горизонта Gb – 5.2 ± 0.1 см ($n=14$). Суммарная мощность профиля палеопочвы (горизонты Agb+Gb выдержана и составляет 6.2 ± 0.1 см ($n=13$)).

Палеопочва, профиль которой имеет субгоризонтальное простирание, выявлена на протяжении 6.5 м на всем протяжении балочной террасы. По правой стенке (от тылового шва террасы) профиль погребенной почвы сформирован практически горизонтально на протяжении около 1 м. Далее – в виде отчетливых сбросов на 9, 15 и 6 см на протяжении 70 см; затем в виде резкого клинообразного понижения на 20 см на протяжении 60 см и

далее вверх на 20 см к краевой части террасы в горизонтальном простираии на протяжении около 1.5 м до обрыва террасы. Несмотря на видимую изогнутую субгоризонтальную границу палеопочвы на всем протяжении балочной террасы, необходимо подчеркнуть отсутствие обрывных и разрывных зон. Это свидетельствует в пользу того, что палеопочва, сформированная в средней толще балочных отложений, маркирует погребенную дневную поверхность (палеосклон), открытую для субаэрального почвообразования в позднем валдае. Ниже приводится макро- и мезоморфологическое строение профиля палеопочвы.

Горизонт Agb. Влажный, серовато-темно-бурый, глинистый, пластичный, при нажимании ножом на свежий срез появляется металлический блеск. Сроеватый, пористый, грубообломочный материал практически полностью отсутствует. Переход ясный, граница волнистая.

Горизонт Gb. Свежий, сизовато-светло-оливковый, серовато-сизый, сизый, менее пластичный по сравнению с гумусовым горизонтом, тяжелосуглинистый, заметно опесчанен, четкая тонкоплитчато-листоватая структура. На общем фоне прослеживаются поры, очень тонкие железистые пленки и мелкие роренштейны. Пронизан изоморфной сетью древних корней, локальные ожелезненные зоны вокруг древних корней, локальные охристые пятна. Встречаются единичная дрсва и опесчаненные охристые пятна.

На всем протяжении палеопочвы заметны морозобойные заклинки, пересекающие весь профиль почвы, выполненные либо серовато-буроватым материалом гумусового горизонта, либо сизоватым суглинком глеевого горизонта. При горизонтальной расчистке почвы четко прослеживается палеокриогенный погребенный микрорельеф, представленный в основном шестигранными блоками-полигонами.

По гранулометрическому составу трубчевская почва классифицирована как легкоглинистая пылевато-иловатая; содержание фракции в гумусовом горизонте составляет 62 %. Важно отметить, что погребенная почва отличается от толщи завалуненного суглинка, вмещающего палеопочву, высоким содержанием илистой фракции (36 % и 24 % соответственно в гумусовом и глеевом горизонтах), невысоким содержанием фракций крупного и среднего песка (23 % и 38 % соответственно в гумусовом и глеевом горизонтах). Гранулометрический состав суглинков, вмещающей палеопочву, изменяется от легкого (содержание фракции физической глины 26 %, перекрывающая толща) к среднему суглинку (содержание фракции физической глины 39 %, подстилаемая толща). Таким образом, подтверждается положение, что погребенная трубчевская почва сформирована на другой литогенной основе, при участии аэрального привноса мелкозема в период кратковременной (сотни лет) стабилизации поверхности.

Как трубчевская почва, так и вмещающие слои (валдайская почвенно-осадочная толща) характеризуются слабокислой реакцией среды ($\text{pH}_{\text{вод.}}$ от 4.8–5.8). Содержание углерода в перекрывающих и подстилающих погребенную почву слоях не превышает 0.08–0.23 %, в то время как в гумусовом горизонте, несмотря на его серовато-темно-бурю окраску, содержание углерода составляет 0.34 %. Вероятно, столь низкое содержание углерода органического вещества объясняется процессами диагенеза, свойственного для погребенных почв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые в валдайской толще аккумулятивной балочной террасы опорного разреза Черемошник диагностирована, охарактеризована и классифицирована надмерзлотно-дерново-глеевая трубчевская палеопочва (~16530 л.н.), имеющая строение Agb–Gb и выраженная на протяжении всей балочной террасы (2.3–2.4 м). Почва диагностирует слабо-развитый педогенез сурового климата в поздневалдайский максимум оледенения и является самым северным ареалом распространения данных почв на центральной части Русской равнины.

Несмотря на длительное погребение, в профиле палеопочвы сохранились признаки быстрых (10^1 – 10^2 лет) и средневременных (10^2 – 10^{3-4} лет) элементарных почвообразова-

тельных процессов (ЭПП). К быстрым ЭПП относятся оглеение, структурообразование и криогенные процессы, к средневременным – гумусообразование.

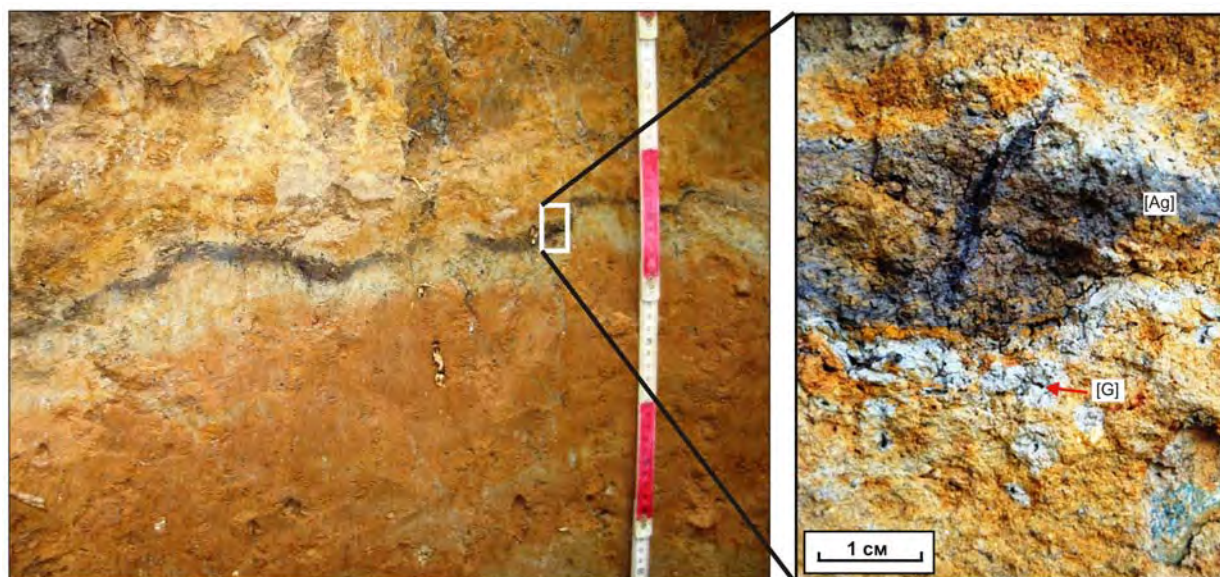


Рисунок. Общий вид объекта изучения с отметками горизонтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Битюков М.Ю. Дневные и погребенные почвы опорного разреза Черемошник (Ярославская обл.) // Материалы Всерос. науч. конференции XIII Докучаевских молодежных чтений «Органо-минеральная матрица почв». С-Пб.: Издат. дом С.-Петербургского университета, 2010. С. 127–129.
2. Битюков М.Ю. Палеопочвенные серии опорного разреза позднего неоплейстоцена Черемошник (Ярославское Поволжье) как инструмент локальной реконструкции ландшафтов // Материалы Всероссийской научной конференции XIV Докучаевские молодежные чтения «Почвы в условиях природных и антропогенных стрессов» / под ред. Б.Ф. Апарина. СПб.: Издательский дом С.-Петербургского государственного университета, 2011. С. 13–14.
3. Битюков М.Ю. Палеопочвы опорного разреза позднего неоплейстоцена Черемошник (Центр Ярославского Поволжья) и вопросы реконструкции ландшафтов // Материалы Международной научной конференции XV Докучаевские молодежные чтения «Почва как природная биогеоомембрана» / под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб.: ВВМ, 2012. С. 74–75.
4. Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130000 лет. Атлас-монография «Развитие ландшафтов и климата Северной Евразии. Поздний плейстоцен–голоцен–элементы прогноза». Вып. II. Общая палеогеография / Под ред. А.А. Величко. М.:ГЕОС. 2002. 232 с.
5. Морозова Т.Д., Нечаев В.П. Валдайская перигляциальная зона Восточно-Европейской равнины как область древнего холодного почвообразования // Пути эволюционной географии (итоги и перспективы). М.: Ин-т Географии РАН, 2002. С. 93–106.
6. Палеогеографическая основа современных ландшафтов. М.: Наука, 1994. 205 с.
7. Рушаков А.В., Симакова А.Н. Развитие растительности Ярославского Поволжья в период микулинское межледниковье–голоцен (по новым данным палинологического исследования разреза Черемошник) // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода (г. Апатиты, 12–17 сентября, 2011 г.). Т. 2. С. 199–201.

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ

П.А. Суханов¹, А.И. Попов²

¹Агрофизический институт

²Санкт-Петербургский государственный университет

ВВЕДЕНИЕ

С точки зрения современной агробиологии почву и растения следует считать целостной единой многокомпонентной системой, в которой почва как подсистема выполняет трансформационно-трофическую функцию (Попов, Чертов, 1996; Ермаков, Попов, 2003; Попов, 2006). В настоящее время растениеводство в основном опирается на химическую коррекцию условий роста и развития растений. Принцип химической коррекции продуктивности растений – устранение в почве дисбаланса элементов минерального питания растений с помощью использования минеральных и органических удобрений, а также некоторых мелиорантов. Для реального повышения урожайности культурных растений наряду с химической коррекцией продуктивности растений необходимо проводить биологическую коррекцию (Суханов, Попов, 2001; Попов, Суханов, 2002; Попов, 2006).

Биологическая коррекция – способ управления составными частями функционирования системы почва-растение, с помощью различных биологических приемов и с учетом физиологических особенностей растений. Путь биологической коррекции системы «почва-растение» (в условиях агроэкосистем) включает в себя восстановление естественных механизмов, обуславливающих продуктивность растительного сообщества. Биологическая коррекция агроценозов опирается на научные достижения современных биотехнологий, таких как: естественные и искусственные физиологически активные соединения, микробиологические препараты (различные культуры азотфиксирующих микроорганизмов, везикулярно-арбускулярная микориза и др.), биологические средства защиты растений и т.д. (Попов, 2006).

Одним из эффективных методов биологической коррекции является некорневая обработка растений растворами гуминовых веществ (ГВ). Подбор экономически оправданной концентрации – важная, но недостаточно изученная проблема.

Цель исследований – выяснить влияние разных концентраций раствора гуминовых веществ на урожайность и качество зерна ячменя при некорневой (по листу) обработке.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования были использованы ГВ, выделенные из озерного сапропеля озера Пендиковское (Ленинградская область). Гуминовые вещества выделяли из сапропеля щелочным раствором едкого кали. Для этого брался 1 л сапропеля, к нему добавлялось 5.6 г КОН, затем смесь разбавлялась 25-ю литрами дистиллированной воды. После чего, раствор ГВ отделялся от органо-минеральной суспензионно-эмульсионной фазы центрифугированием (3000 об./мин.). Полученный таким образом маточный раствор ГВ подвергался дальнейшему разбавлению. Краткая характеристика маточного раствора ГВ, выделенных из сапропеля приведена в таблице 1.

Таблица 1. Краткая характеристика маточного раствора гуминовых веществ.

рН	N _{общ.} , %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	Влажность, %	Зольность сухого остатка, %
9.0	6.93	7.76	12.30	86.0	45.8

Схема проведения мелкоделяночных опытов.

Опыты были проведены в соответствии с отраслевым стандартом 10106-87 и закладывались по схемам, разработанными Государственным учреждением «Центр агрохимической службы «Ленинградский»» и проводились по следующей схеме:

1. Контроль – существующий в хозяйстве агрофон (фон);
2. Фон + минеральные удобрения ($N_{61}P_{70}K_{70}$) в виде экофоски;
3. Фон + обработка по листу раствором гуминовых веществ (разбавление 1:25);
4. Фон + обработка по листу раствором гуминовых веществ (разбавление 1:50);
5. Фон + обработка по листу раствором гуминовых веществ (разбавление 1:100);
6. Фон + обработка по листу раствором гуминовых веществ (разбавление 1:200);
7. Фон + обработка по листу раствором гуминовых веществ (разбавление 1:400).

Таблица 2. Агрохимическая характеристика пахотных слоев опытных делянок до (весна) и после (осень) постановки опыта.

Варианты опыта	Кислотность (pH _{KCl})		Подвижные формы, мг/кг				Содержание гу- муса, %	
			P ₂ O ₅		K ₂ O			
	Весна	Осень	Весна	Осень	Весна	Осень	Весна	Осень
Контроль (фон)	6.5	6.8	246	240	138	171	4.79	5.23
Фон + N ₆₁ P ₇₀ K ₇₀	6.5	6.6	234	250	138	168	4.63	4.41
Фон + ГВ (1:25)	6.8	6.8	384	367	173	183	6.33	6.41
Фон + ГВ (1:50)	6.8	6.8	306	321	172	168	6.36	5.78
Фон + ГВ (1:100)	6.7	6.8	338	330	170	176	5.78	5.87
Фон + ГВ (1:200)	6.9	6.9	206	186	178	167	4.95	4.70
Фон + ГВ (1:400)	6.7	6.8	335	325	185	179	5.77	6.30
m	6.7	6.8	293	289	165	173	5.51	5.53
Fф	2.40	1.25	0.83	0.94	4.25	0.51	1.34	0.85
НСР ₀₅	—	—	—	—	27.4	—	—	—

Таблица 2. Продолжение.

Варианты опыта	Таблица 2. Продолжение.							
	Н _г		S		Ca ²⁺		Mg ²⁺	
	мэкв./100 г почвы							
	Весна	Осень	Весна	Осень	Весна	Осень	Весна	Осень
Контроль (фон)	0.89	0.86	32.93	33.73	7.22	8.47	3.30	3.47
Фон + N ₆₁ P ₇₀ K ₇₀	0.92	1.20	31.71	28.53	7.72	8.91	3.26	3.30
Фон + ГВ (1:25)	0.87	0.99	37.24	38.49	9.53	7.72	3.78	3.41
Фон + ГВ (1:50)	0.80	0.92	40.56	39.31	9.29	7.25	3.86	3.35
Фон + ГВ (1:100)	0.92	1.14	35.79	36.94	9.22	6.72	4.00	3.43
Фон + ГВ (1:200)	0.69	0.79	40.68	41.06	8.16	6.63	3.55	3.72
Фон + ГВ (1:400)	0.87	1.00	37.69	38.44	8.94	7.00	4.11	3.53
m	0.85	0.98	36.66	36.64	8.58	7.53	3.69	3.46
Fφ	0.62	0.89	1.35	2.26	1.97	1.81	1.67	0.96
НСР ₀₅	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: H_r – гидролитическая кислотность; S – сумма обменных оснований; Ca^{2+} и Mg^{2+} – обменные основания; m – выборочное среднее; Fф – критерий Фишера фактический; F_{05} – критерий Фишера теоретический; НСР₀₅ – наименьшая существенная разность (здесь и далее); $F_{05} = 2.7$.

Все опытные делянки были расположены в производственном посеве. Площадь опытных делянок составляла 102 (6×17) м², а учетной делянки – 68 (4×17) м². Повторность была четырехкратной. Обработка растений раствором гуминовых веществ по листу в количестве 3 л на делянку и внесение минеральных удобрений в количестве 4.7 кг на 102 м² проводилась вручную, а уборка сельскохозяйственных культур – комбайном.

Полевое производственное испытание влияния раствора гуминовых веществ, выделенных из сапропеля на урожайность и качество зерна ячменя проводилось в хозяйстве «Агро-Балт» (Кингисеппский район Ленинградской области). Почвы опытных участков в хозяйстве «Агро-Балт» были представлены агродерново-карбонатными выщелоченными легкосуглинистыми почвами (содержание фракции физической глины – около 22 %). В таблице 2 приведена сезонная динамика агрохимических свойств, пахотных слоев всех опытных делянок.

Существенных различий ни весной, ни осенью в агрохимических характеристиках между вариантами опытных делянок обнаружить не удалось ($F_{\text{факт.}} < F_{05}$). Исключение составило содержание подвижных соединений K_2O в пахотном слое почв опытных участков весной (табл. 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность тех или иных удобрений или мелиорантов принято оценивать через величину урожайности и качество сельскохозяйственных растений. В таблицах 3–5 приведены результаты опыта на ячмене. Как видно из полученных экспериментальных данных, влияние вытяжки ГВ на продуктивность ячменя была весьма эффективной – почти такой же, как действие минеральных удобрений (табл. 3). Максимальный эффект на урожайность ячменя (45 % прибавки урожая относительно контроля) проявился в случае применения минеральных удобрений. Следует заметить, что влияние вытяжки гуминовых веществ, разбавленной в отношении 1:25 и 1:400 (прибавка к урожаю ячменя относительно контроля в этих случаях составила 37.5 и 40.2 %, соответственно), существенно не отличалось от действия минеральных удобрений. Кроме того, физиологический эффект гуминовых веществ при обработке ячменя по листу при разбавлении исходного раствора гуминовых веществ в соотношении 1:25, 1:100 и 1:400 был практически одинаков – существенных отличий между результатами в этих случаях не выявлено.

Таблица 3. Влияние обработки по листу раствором гуминовых веществ на урожайность ячменя (зерно), ц/га.

Варианты опыта	Повторности				Среднее значение	Прибавка к урожаю	
	1	2	3	4		ц/га	%
Контроль (фон)	19.1	15.3	19.1	19.9	18.4	0	0
Фон + $N_{61}P_{70}K_{70}$	22.7	29.1	28.7	26.3	26.7	+ 8.3	+ 45.1
Фон + ГВ (1:25)	26.6	19.6	26.2	28.7	25.3	+ 6.9	+ 37.5
Фон + ГВ (1:50)	21.6	18.0	19.6	24.4	20.9	+ 2.5	+ 13.6
Фон + ГВ (1:100)	25.3	19.6	23.4	21.1	22.4	+ 4.0	+ 21.7
Фон + ГВ (1:200)	19.2	12.3	16.4	16.2	16.0	– 2.4	– 13.0
Фон + ГВ (1:400)	24.8	26.5	26.7	25.1	25.8	+ 7.4	+ 40.2

Примечания: $P \% = 5.6 \%$; $F_{\text{факт.}} = 10.52$ при $F_{05} = 2.7$ ($F_{\text{ф}} > F_{05}$ – различие между вариантами достоверно), $HCP_{05} = 3.68$, т.е. между значениями одинаково подчеркнутыми – достоверных различий нет.

Как видно из полученных экспериментальных данных влияние вытяжки ГВ на продуктивность ячменя была весьма эффективной – почти такой же, как действие минеральных удобрений (табл. 4). Максимальный эффект на урожайность ячменя (45 % прибавки урожая относительно контроля) проявился в случае применения минеральных удобрений. Влияние раствора ГВ, разбавленного в отношении 1:25 и 1:400 (прибавка к урожаю ячменя относительно контроля в этих случаях составила 37.5 и 40.2 %, соответственно), существенно не отличалось от действия минеральных удобрений. Кроме того, физиологический эффект ГВ при обработке ячменя по листу при разбавлении маточного раствора ГВ в соотношении 1:25, 1:100 и 1:400 был практически одинаков – существенных отличий в этих случаях не было выявлено.

Таблица 4. Влияние обработки по листу раствором гуминовых веществ на массу 1000 зерен, на соотношение побочной (солома) к основной (зерно) продукции, на содержание в зерне ячменя золы и основных элементов минерального питания растений.

Варианты опыта	Масса 1000 зерен, г	Солома зерно	Сырая зола	Нобщ.	P ₂ O ₅	K ₂ O
			%			
Контроль (фон)	41.20	0.85	2.46	1.61	0.33	0.46
Фон + N ₆₁ P ₇₀ K ₇₀	41.96	0.90	2.45	1.77	0.37	0.46
Фон + ГВ (1:25)	41.19	0.90	3.21	2.02	0.36	0.53
Фон + ГВ (1:50)	42.60	0.95	2.85	1.81	0.35	0.50
Фон + ГВ (1:100)	41.90	0.85	2.92	2.02	0.36	0.53
Фон + ГВ (1:200)	41.81	0.90	2.79	1.70	0.32	0.49
Фон + ГВ (1:400)	42.10	0.95	2.82	1.88	0.33	0.52
m	41.82	0.90	2.78	1.83	0.34	0.495
Фф	0.19	1.40	1.69	4.36	4.93	1.19
НСР ₀₅	—	—	—	0.259	0.028	—

Таблица 4. Продолжение.

Варианты опыта	Сырая клетчатка, %	Сырой жир, %	Сырой протеин, %	Кормовые единицы, кг/кг
Контроль (фон)	7.69	1.55	10.10	1.38
Фон + N ₆₁ P ₇₀ K ₇₀	7.22	1.60	10.03	1.37
Фон + ГВ (1:25)	7.29	2.13	12.63	1.37
Фон + ГВ (1:50)	6.94	2.26	11.27	1.38
Фон + ГВ (1:100)	7.08	2.18	12.72	1.37
Фон + ГВ (1:200)	7.15	2.03	10.60	1.38
Фон + ГВ (1:400)	7.65	2.05	11.77	1.37
m	7.29	1.95	11.45	1.37
Фф	0.71	23.45	4.61	—
НСР ₀₅	—	0.190	1.562	—

Примечания: F₀₅ = 4.3; содержание нитратов во всех образцах не превышало 16.2 мг/кг (для зерна ячменя ПДК = 300 мг/кг).

Обработка раствором гуминовых веществ по листовой поверхности ячменя (при разбавлении исходного раствора в соотношении 1:25 и 1:100, а в некоторых случаях и 1:400) способствовала достоверному увеличению относительно контроля (табл. 3–4) в составе зерна соединений фосфора и азота, а как следствие и белка (сырого протеина). Помимо этого, обработка ячменя гуминовыми веществами (при всех разведениях) привела к достоверному увеличению содержания жира в составе зерна (относительно контроля и варианта с применением минеральных удобрений).

Из данных, приведенных в таблице 4, следует, что достоверных различий между вариантами по ряду характеристик: массе 1000 зерен, соотношению побочной (солома) к основной (зерно) продукции, зольности, содержанию K₂O и сырой клетчатки – обнаружить не удалось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение в качестве некорневой подкормки раствора ГВ, которые были выделены из озерного сапропеля, на урожайность ячменя на фоне принятой хозяйством системы растениеводства оказалось весьма эффективным, хотя и неоднозначным. Так, существенный биологический эффект наблюдался лишь при разведении маточного раствора, содержащего раствор ГВ, в соотношении 1:25, 1:100 и 1:400. По всей видимости, это явление связано с особым поведением ГВ в растворе и, как следствие, их влиянием на транспортную систему растений. Отчасти данное предположение может быть подтверждено данными, характеризующими качественный состав зерна ячменя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермаков Е.И., Попов А.И. Некорневая обработка растений гуминовыми веществами, как экологически гармоничная корректировка продуктивности и устойчивости агро-экосистем// Вестник Россельхозакадемии. 2003. № 4. С. 7–11.
2. Попов А.И. Органическое вещество почв агроценозов и его роль в функционировании системы почва–растение// Автореф. дисс. доктора с.-х. наук. – СПб-Пушкин: СПбГАУ, 2006. 48 с.
3. Попов А.И., Суханов П.А. Гуминовые препараты – эффективное средство биологической коррекции минерального питания сельскохозяйственных культур, их роста и развития// Агро-Пилот/ Информационно-аналитический бюллетень Комитета по сельскому хозяйству правительства Ленинградской области. – СПб., 2002. № 18–19 май. С. 23–41.
4. Попов А.И., Чертов О.Г. Биогеоценотическая роль органического вещества почв// Вестник С.-Петерб. ун-та. 1996. Серия 3. Биол. Вып. 2. С. 88–97.
5. Суханов П.А., Попов А.И. Гуминовые препараты в сельском хозяйстве Ленинградской области// Агрохимический вестник. 2001. № 2. С. 4–5.

УДК 631.48

ПОЧВЫ ОСТРОВНЫХ И ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ АРКТИКИ В ОКРЕСТНОСТЯХ РОССИЙСКИХ ПОЛЯРНЫХ СТАНЦИЙ

В.М. Томашунас¹, Е.В. Абакумов¹, В.А. Крыленков¹, В.Т. Соколов²

¹Санкт-Петербургский государственный университет

²Институт Арктики и Антарктики Росгидромета

Охарактеризованы почвы различных регионов российского сектора Арктики, приведено их морфологическое описание, определено их классификационное положение. Выявлены особенности химических параметров арктических почв, показаны некоторые широтные и меридиональные закономерности формирования профиля почв.

ВВЕДЕНИЕ

Российский сектор Арктики занимает огромные территории и акватории нашей планеты, которые весьма разнообразны как по климатическим условиям, так и геологическому строению и рельефу – эти факторы определяют особенности процессов почвообразования и, соответственно, характеристики почвенного покрова. Различная выраженность и сочетание факторов почвообразования приводят к проявлению огромного разнообразия арктических почв (Русанова и др. 2010; Фоминых и др. 2009; Горячкин 2010; Караваева, Таргульян 1960), которое до сих пор не достаточно охарактеризовано в рамках зональной концепции почвообразования и субстантивно-профильного подхода к изучению почв.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе выполнения рейса НЭС «Михаил Сомов» (осень 2011) были проведены исследования почв на островных и прибрежных территориях Российской Арктики (рис. 1). В ходе полевых работ, исходя из логистических и транспортных возможностей данного рейса, закладывались либо разрезы – в автономных позициях, наиболее характерных для каждого обследуемого участка территории, либо серии разрезов (микрокатены), захватывавшие как автоморфные и гидроморфные почвы, так и промежуточные варианты (табл. 1).

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 12-04-00680-а

© В.М. Томашунас, Е.В. Абакумов, В.А. Крыленков, В.Т. Соколов, 2012

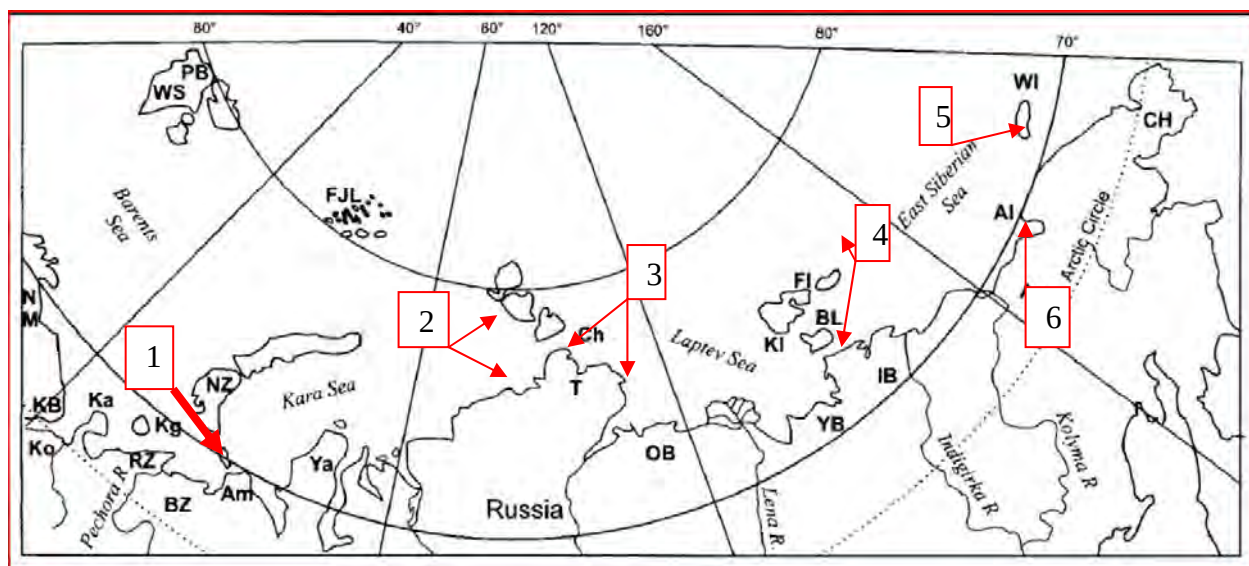


Рисунок 1. Карта российского сектора Арктики. 1 – остров Вайгач; 2 – острова Тройной, Геркулес, Русский, севернее – остров Голомянный; 3 – остров Андрея, севернее – мыс Челюскин; 4 – остров Б.Ляховский, севернее – остров Беннетта; 5 – остров Врангеля; 6 – мыс Валькаркай.

Таблица 1. Объекты исследования* арктических почв

Регион	Местонахождение	Количество разрезов, шт
Карское море	о. Вайгач	13
	устье Енисея	1
	о. Тройной	1
	о. Геркулес	2
	о. Голомянный	4
	о. Русский	1
	м. Челюскин	4
море Лаптевых	о. Андрея	3
	о. Б.Ляховский	3
Северный Ледовитый океан	о. Беннетта	3
Восточно-Сибирское море	м. Валькаркай	1
Чукотское море	о. Врангеля	8

*Объекты исследования перечислены в меридиональной последовательности: с запада на восток.

Остров Вайгач. Изучены почвы в окрестностях полярной станции им. Федорова на северной оконечности острова (мыс Болванский Нос). На склоне пологого холма заложена катена, включающая 7 разрезов, которые были выполнены в различных частях обследуемого участка почв, сформированных на карбонатном делювии, а также на плотных элювиях силурийских известняков.

Почвенный покров вершины холма, на котором была заложена катена, фрагментарен. Площадь общего проективного покрытия (ОПП) растительностью около 20–30 %, причем доминируют лишайники и дриады. Сами почвы представлены гумусовыми карбопетроземами, с мощностью рыхлой толщи до 5 см. В верхней трети склона холма мощность рыхлого слоя увеличивается до 45 см, формируются криоземы с профилем W (0–4); AC (4–15); CR (15–45); подстилаемые плотным делювием. ОПП при этом незначительно увеличивается, появляются травянистая растительность и карликовые ивы.

В срединной части склона расположена западина, ОПП увеличивается до 100 %, причем преобладают мхи с небольшой долей травянистой растительности. Почва отно-

сится к торфяно-глееземам с мощностью торфяного горизонта до 20 см. К нижней части склона западина постепенно выполаживается, доля травянистой растительности увеличивается до 50 % от ОПП, торфяно-глееземы сменяются перегнойными почвами с мощностью органогенного горизонта до 15 см и охристой прослойкой на глубине 10–12 см.

В нижней трети склона мощность профиля криоземов увеличивается до 45 см, а мощность гумусового горизонта – до 14 см. При этом, мощность рыхлой толщи в наиболее выположенной части более 1 м, на глубине 85–100 см имеется фрагмент погребенного гумусового горизонта. Профиль этой почвы характеризуется последовательностью горизонтов: АН (0–6); CR1 (6–35); CR2 (35–100); [АН] (85–100) (Горизонт CR1 более турбирован, чем CR2).

Изучен также разрез в пределах прибрежной зоны, куда под воздействием солифлюкции приносятся фрагменты почвенной массы, образуя, таким образом, своеобразные «островки» до 10 м в диаметре. Почвы представлены торфяно-глееземами с профилем Т (0 – 21); Сg (21 – 30). В некоторых из этих почв можно провести диагностику стратифицированных горизонтов. На выходах силурийских известняков, в местах гнездовий птиц, формируются карбопетроземы перегнойно-темногумусовые. Гумусовый горизонт густо пронизан корнями, а поверхность почвы обильно покрыта фекалиями птиц. ОПП на таких участках составляет 100 %, причем доминирует травянистая растительность.

Устье Енисея. Разрез заложен в 100 м от полярной станции. «Сопочная Корга». Почва развивается на слоистых аллювиальных отложениях, мощность гумусового горизонта достигает 12 см. Аллювиальные отложения представлены чередованием глинистых и песчаных слоев, с преобладанием, по мощности, песчаных. Почва – серогумусовая аллювиальная. Растительность – травянистая, ОПП – 100 %.

Остров Тройной, архипелаг Известий ЦИК. Были отобраны образцы почв в пределах местоположения полярной станции (50 м от метеоплощадки). Почва – пелозем типичный (О (0–6); С (6–15)). ОПП – 80 %, доминируют мхи.

Остров Геркулес. Небольшой остров площадью менее 1 км², сложен гранитоидами. Заложено два разреза, первый под водорослями, второй под мохово-лишайниковой растительностью, ОПП в обоих случаях 100 %. Почвы представлены торфяно-литоземами с мощностью торфяного горизонта до 20 см.

Остров Голомянный, архипелаг Седова. Остров представляет собой вытянутую полосу суши протяженностью до 3.5 км и с максимальной шириной до 0.8 км. Почвообразующей породой является карбонатный элювий, почвенно-растительный покров фрагментарен вследствие чрезмерного воздействия тяжелой техники. Заложено 4 разреза, причем, один из них размещен непосредственно у метеоплощадки, растительный покров которой наименее нарушен. ОПП на этом участке 100 %, на остальных – 20–80 % (повсеместно доминируют мхи). Почвы представлены карбопетроземами гумусовыми с мощностью гумусового горизонта до 4 см.

Мыс Челюскин, полуостров Таймыр. Окрестности полярной станции представляют собой типичные ландшафты высокоарктической тундры с характерным полигонально-трещиноватым рельефом. Почвообразующая порода – углистые сланцы. От вершины холма до его подножия заложена катена, состоящая из четырех разрезов. Почвы в аккумулятивных формах рельефа представлены криоземами с редоксиморфными признаками. Гумусовый горизонт выражен фрагментарно, в западинах формируется подстильно-торфянный горизонт малой мощности (до 5 см). В почвенной толще ярко выражены процессы криогенного массообмена и морозного выклинивания. Льдистая мерзлота встречается в отрицательных формах рельефа на глубине от 30 см, а на склонах и вершинах холмов – на глуби-

нах от 60–70 см. Растительные сообщества несомкнутые, причем доминируют мхи и лишайники. В западинах присутствуют злаки, а ОПП увеличивается до 80–100 %.

Остров Андрея, архипелаг острова Петра. Находится в той же почвенно-растительной зоне – высокоарктической тундре, что и район мыса Челюскин. Однако климат здесь более влажный, в растительных сообществах значительную часть составляют злаки и мхи, а доля лишайников снижается, ОПП составляет 80 % и более. Процессы гумусонакопления более выражены (гумусовый горизонт имеет толщину до 10 см), процессы оглеения морфологически выражены даже в автоморфных позициях. Широко распространены криоземы. Срединная часть профиля тиксотропна, вихреватый рисунок почвенной массы свидетельствует о процессах криотурбации. В аккумулятивных позициях рельефа развиваются глееземы с маломощным, хорошо прогумусированным подстильно-торфяным горизонтом.

Остров Большой Ляховский, архипелаг Новосибирские острова. Остров находится на границе высокоарктической и среднеарктической тундр, южная часть острова имеет бугристый мезорельеф, образованный так называемыми буграми пучения, высота которых достигает 2–3 м, растительные сообщества развитые, доминируют злаки. Мерзлота залегает на глубинах от 55–65 см. Встречаются выходы гранитных валунов. Почвы отличаются сравнительно мощным гумусовым горизонтом (толщина 13–20 см) бурого цвета, интенсивными криотурбациями и наличием погребенных, оторфованных фрагментов гумусового горизонта со слабо разложившимися древесными остатками. Последние свидетельствуют о полигенетичности почвенного профиля, поскольку на острове в настоящее время отсутствует древесная и кустарниковая растительность. Время образования подобных горизонтов относится к атлантическому максимуму голоцена, когда лесная зона максимально продвинулась на север. В пределах почвенных профилей на острове также встречаются остатки мамонтовой фауны.

Остров Беннетта, архипелаг Де Лонга. Более трети территории острова занимает ледниковый покров, климат острова – криоаридный. Обследованный район расположен вдоль побережья и характеризуется фрагментарным почвенно-растительным покровом, занимающим менее 10 % его площади. Доминирующими сообществами являются лишайники, встречаются иногда мхи и дриады. Почвы развиваются на обломочной породе и относятся к петроземам гумусовым, мощность почвенного профиля не более 10 см.

Мыс Валькаркай. Данный регион относится к среднеарктической тундре. В растительных сообществах доминируют злаки, ОПП составляет почти 100 %. Почвы развиваются на морских галечных отложениях, выражены процессы мерзлотного массообмена и криогенного оструктурирования гумусового горизонта. Гумусовый горизонт необычной коричнево-бурой окраски с неровной границей и мощностью около 15 см, а по трещинам – до 28 см.

Остров Врангеля. Находится в той же почвенно-растительной зоне, что и мыс Валькаркай, но севернее. Микроклимат в районе бухты Роджерс вследствие особенностей своего географического положения (с севера закрыт сопками, а большинство склонов – южной экспозиции) более мягкий, чем остальная часть острова. Растительность на острове организована неравномерно – встречаются как полностью сомкнутые фитоценозы, так и участки, практически лишенные растительности. Большую часть растительности составляют злаковые сообщества, встречаются также и ивовые ценозы. На острове были выявлены разнообразные почвы: от слаборазвитых с мощностью гумусового горизонта в несколько сантиметров до органо-аккумулятивных, гумусовый горизонт которых достигает значительной (для северных экосистем) мощности – 50 см и более. Так же, как и на побережье Чукотки, там наблюдается криогенное оструктурирование гумусового горизонта.

Мерзлота залегает на глубинах 55–100 см, надмерзлотная толща сильнокаменистая. В ряде случаев (разрезы под ивняком) мощный гумусовый горизонт залегает непосредственно на породе (кварцитах или, даже, на мерзлоте), в других случаях он отделен от породы срединным глееватым горизонтом. Почвенный профиль, расположенный на пологом участке склона с кочкарным мезорельефом (недалеко от поселка), характеризуется следующей последовательностью почвенных горизонтов: Oh (0 – 4(10)); ACg (4(10) – 40); G (40 – 58); далее, льдистая мерзлота.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ниже приведена краткая аналитическая характеристика почв Поверхность большинства почв о-ва Вайгач сильнокаменистая и трещиноватая (за исключением перегнойных почв и торфяно-глееземов). Содержание скелетной части в почвенных профилях высокое: например, в гумусовых горизонтах криоземов она составляет до 20 % массы почвы, в петроземах – более 50 %, а в криотурбированных горизонтах – до 45 % от массы почвы (табл. 2). Для всех почв острова характерны нейтральная и щелочная реакции среды – в криоземах и петроземах значения pH варьируют в пределах от 7.5 до 8.6 и достигают максимальных значений в нижней части профиля. Максимум содержания карбонатов приходится на верхние горизонты (20–45 %). Для перегнойных и торфяных горизонтов также характерны более высокие значения pH, чем для аналогичных почв на других островах Арктики, а содержание карбонатов составляет до 15 %.

Таблица 2. Химические параметры почв острова Вайгач.

Почва	Горизонты/ глубины, см	Скелетная часть, %	Мелкозем, %	pH в.с.	CaCO ₃ , %
Криозем перегнойно-темногумусовый	АН (0–6)	14.9	85.1	8.2	28
	CR1(g) (1–35)	8.5	91.5	8.4	22.8
	CR2 (35–100)	18.2	81.8	8.4	18.1
	[H] (85–100)	16.7	83.3	8.0	19.8
	C (100–110)	86.7	13.3	8.7	23.2
Криозем перегнойно-темногумусовый	АН (0–4(14))	17.4	82.6	8.3	35
	CR (4(14)–25)	45.2	54.8	8.4	29.6
	C (23–43)	80.0	20.0	8.7	11.1
Перегнойная	H1 (0–7)	100	100	6.0	0
	H2 (7–15)	100	100	6.0	0
	Hf (12–15)	100	100	6.2	0
	Hg (15–41)	100	100	6.3	0
Хемозем	X (0–4)	46.8	53.2	7.2	26.7
	AC (4–8)	51.3	48.7	7.8	26.5
Петрозем	АН (0–4)	55.0	45.0	7.6	29.2
	AC (4–9)	52.6	47.4	7.9	27.2
Торфяно-пелозем	T1(0–10)	0	100	6.7	14.6
	T2 (10–21)	0	100	6.8	15.6

Содержание органического углерода в почвах обследованного участка составляет от 4.5 % до 20 % в верхних (перегнойно-темногумусовых) горизонтах, и от 20 % до 35 % в перегнойных и торфяных горизонтах. Также высокое содержание органического углерода можно наблюдать в срединных (переходных к породе) горизонтах: например, в петроземах – за счет процессов ретинизации гумуса и морозного растрескивания, а в криоземах, помимо этих процессов, огромную роль в распределении веществ (в т.ч. и органических) играют процессы массообмена, наиболее выраженные в криотурбированных горизонтах.

Почвы островов Русский, Тройной и Геркулес характеризуются кислыми и слабо-кислыми значениями реакции среды. На тех участках, где развивается скудная растительность, содержание гумуса достигает 3–4 %. На буграх, где мелкозем выдувается, растительный покров отсутствует и, соответственно, содержание гумуса резко снижается (менее 1 %). На острове Геркулес формируются торфяно-литоземы (реакция среды слабо и среднекислая) с мощностью торфяного горизонта более 20 см и содержанием органического углерода свыше 40 %.

В случае острова Андрея профили почв характеризуются неглубоким залеганием мерзлоты (40 см), срединные горизонты тиксотропны, а в верхней части ярко выражены процессы оглеения (возможно из-за неравномерного протаивания). Процессы криотурбации менее интенсивны, присутствует мерзлотная аккумуляция вещества – с ней связано повышенное (относительно верхних горизонтов) содержание гумуса (до 5 %) в надмерзлотном горизонте (в гумусовых горизонтах – всего 3 %). Значения pH от верха к нижней части профиля увеличиваются с 6.0 до 7.5. Почва по гранулометрическому составу относится к легкоглинистой.

Профиль почвы на вершине бугра о-ва Большой Ляховский сильно дифференцирован не только по морфологическим признакам, но и по химическим и физическим показателям. Так, кислый (исходя из значений pH) гумусовый горизонт на глубине 13 см резко сменяется слабощелочным переходным горизонтом, который в свою очередь перекрывает палеогумусовый оторфованный горизонт со слабокислой реакцией среды. На глубине 47 см залегает слабощелочной горизонт, который с глубины 70 см подстилается мерзлотой. Содержание углерода органических веществ также варьирует по профилю почвы, причем максимальное его содержание (до 18 %) отмечается в погребенном горизонте. Причиной такой гетерогенности профиля может быть антропогенное воздействие, поскольку разрез был заложен недалеко от законсервированной базы ПВО. Следует отметить, что в другом разрезе, заложенном на расстоянии 10 м от разреза у базы ПВО, значения pH плавно уменьшаются сверху вниз (от слабокислых к среднекислым), а содержание углерода органического вещества, которое имеет максимальное значение (до 4 %) в верхних 3 см, уменьшается (до 2 %) к нижней части гумусового горизонта и опять увеличивается (до 3 %) в криотурбированном горизонте, где имеются фрагменты погребенного горизонта.

Таблица 3. Химические параметры почв острова Врангеля.

Почва	горизонты/ глубины, см	Скелетная часть, %	Мелкозем, %	pH в.с.	Сорг, %
Петрозем гумусовый	W (0–4)	39.4	60.6	6.7	4.5
	C (4–14)	57.1	42.9	6.2	1.5
Серогумусовая	AY (0–5)	8	92	5.6	4.6
	AY (5–10)	10.4	89.6	5.3	3.1
	AY (10–20)	3.8	96.2	4.6	3.5
	AY (20–30)	2.5	97.5	5.4	3.5
	AYg (30–40)	8.4	91.6	5.7	2.8
	ACg (40–50)	11.6	88.4	5.9	2.2
Глеезем	Oh (0–4) бугор/ Oh (0–8) понижение	0/ 0	100/ 100	5.4/ 5.3	17.35/ 18.14
	ACg (5–20)	1	99	4.6	2.6
	ACg (8–20)	1.4	98.6	4.5	2.9
	ACg (20–37)	1.2	98.8	4.4	2.7
	ACg,f (37–42)	2.1	97.9	5.1	3
	G (37–58)	6.6	93.4	4	4.2
	мерзлота (58–65)	21	79	5.3	4.1

Почвы о-ва Врангеля характеризуются кислой реакцией среды. Содержание углерода органического вещества в гумусовых горизонтах достигает 4.5 % в верхних его слоях (в петроземе и в серогумусовом слое почвы). В серогумусовой почве, имеющей мощный (до 40 см толщины) гумусовый горизонт, происходит монотонное снижение содержания углерода в нижней части гумусового горизонта (до 3 %) и на границе с плотной породой (до 2 %). Рядом с поселением – на плоском равнинном участке – формируются глееземы, для которых характерны кислая реакция среды и повышенное содержание органического углерода в подстильно-торфяном горизонте (более 15 %).

ВЫВОДЫ

1. Природные ландшафты островов и побережий российского сектора Арктики характеризуются высоким почвенным разнообразием. Среди основных почвенных типов следует отметить криоземы, петроземы, литоземы, некоторые варианты глеевых и торфяных почв.
2. Большинство изученных почв российского сектора Арктики, за исключением почв, сформированных на карбонатных породах, характеризуются кислой и слабокислой реакцией среды (рН от 4.5 до 6.0), что вообще характерно для арктических почв.
3. Присутствие мерзлоты в профилях почв, способствует развитию процессов криогенного массообмена и надмерзлотной аккумуляции вещества. Это приводит к повышенному содержанию органического вещества в надмерзлотном горизонте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов М.А., Павлова Е.Ю., Питулько В.В. Голоцен Новосибирских островов.//Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы VI Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Новосибирск, 2009, с. 38–40.
2. Горячкин С.В. Почвенный покров Севера (структура, генезис, экология, эволюция)// М.: ГЕОС, 2010
3. Караваева Н.А., Таргульян В.О. Об особенностях распределения гумуса в тундровых почвах Северной Якутии //Почвоведение, 1960, № 12, с. 36–45.
4. Русанова Г.В., Лаптева Е.М., Пастухов А.В., Каверин Д.А.Современные процессы и унаследованные педогенные признаки в почвах на покровных суглинках южной тундры//Криосфера Земли, 2010, т. XIV, № 3, с. 52–60.
5. Фоминых Л.А., Золотарева Б.Н., Холодов А.Л., Ширинова Л.Т. Фракционно-групповой состав гумуса почв тундровой зоны Евразии//Криосфера Земли, 2009, т. XIII, № 2, с. 44–54.
6. Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Targulian V.O., Glazov M.V. Arctic Soils: Spatial Distribution, Zonality and Transformation due to Global Change//Permafrost Periglac. Process. 10: 235–250, 1999.

МОРФОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВАСИЛЬЕВСКОГО ОСТРОВА (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

Е.С. Тыртычная

Санкт-Петербургский государственный университет

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная и многофункциональная деятельность человека в пределах крупных городов приводит к существенному и часто необратимому изменению окружающей среды: изменяется рельеф, гидрографическая сеть; естественная растительность сменяется созданными человеком урбанофитоценозами; нарушается зональный ряд климатических характеристик, в результате формируется специфический тип городского микроклимата. Увеличиваются площади застройки, искусственных покрытий, уничтожается или сильно трансформируется почвенный покров [2]. Антропогенное воздействие становится преобладающим над естественными природными факторами почвообразования. Вследствие искусственных покрытий и аллохтонного накопления в городах образуются специфические почвы и почвоподобные тела. Это обусловило необходимость изучения городских почв, особенностей их экологических функций и степени антропогенного преобразования исходного почвенного покрова. К настоящему времени проведено достаточно много исследований городских почв центра Санкт-Петербурга, однако почвам скверов и дворов, так как они являются основой рекреационной зоны города и поэтому требуют дополнительного изучения, не уделялось достаточного внимания. С целью исследования антропогенного воздействия на почвенный покров Васильевского острова заложено 3 разреза полнопрофильных городских почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования были выбраны полнопрофильные городские почвы, включающие исходные погребенные почвы и/или почвообразующую породу. Разрез ГП1-010 заложен в сквере на 17-й линии, д. 10. На территории сквера присутствуют посаженные клены. Разрез ГП2-010 заложен во внутреннем дворе за каф. Агрохимии СПбГУ, 16-я линия, д. 29. Травянистый покров представлен полынью обыкновенной, недотрогой. Из древесных пород есть тополь. Разрез ГП3-010 заложен в центральной части газона во дворе каф. Почвоведения и экологии почв (16 линия, д. 29). Травянистая растительность представлена снытью, очитком. Вокруг клумбы растут ольха, липа, ель.

Все изученные разрезы по классификационной принадлежности входят в группу собственно городских почв – урбаноземов, представляющих собой антропогенные физически глубоко преобразованные почвы [2]. Согласно «Классификации и диагностике почв России» [3], данные почвы относятся к группе урбиквазиземов и относятся к техногенно-поверхностным образованиям. В табл. 1 приведена характеристика классификационной принадлежности почв.

В ходе работы применялись стандартные методы химического, физико-химического, физического исследования почв [1, 4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Морфолого-генетический анализ строения профилей городских почв

Рассмотрим особенности строения исследованных городских почв. *Разрез ГП1-010.* Почвенный профиль состоит из четырех стратифицированных темногомусовых горизонтов (культурные слои) RU1ca_a1–RU2ca_a2–RU3ca_a2–RU4_a1 мощностью 0–140 см, об-

разованных из буровато-серого легкосуглинистого субстрата разной мощности с примесью строительного и бытового мусора (обрывки полиэтиленовой пленки, бутылочное стекло, фрагменты кирпичей, строительная известка, обломки шифера). Верхняя стратифицированная толща с глубины 140 см подстилается озерно-ледниковыми супесями (гор. [C1g,f]–[C2g]–[C3g]) с признаками древнего почвообразования в виде ржавых пятен и марганцевых примазок. *Разрез ГП2-010*. Данная почва представлена серией стратифицированных горизонтов (RU1ca_a3–R2ca_a2–R3ca_a1–R4ca_a2–RY5ca_a1–R6_a1–RY7–R8) буроватых оттенков. На глубине 15–25 см вскрыты плотно уложенные валуны (остатки древней мостовой), а на 29–32 см – слой строительной известки (гор. R3ca_a1). Подобная булыжная мостовая на Васильевском острове была обнаружена в сквере возле здания Двенадцати коллегий на глубине 62 см [5]. В верхней части профиля (0–50 см) включения представлены строительным и бытовым мусором (обломки щебня, древесный и каменный уголь, осколки стекла, известка, фрагмент железной трубы, обломки кирпича). Почва сформирована на культурном слое с включением погребенных прогумусированных слоев, подстилается озерно-ледниковыми супесями [C1g]. *Разрез ГП3-010*. Почвенный профиль состоит из шести стратифицированных горизонтов (RU1_a1–RU2ca_a1–R3ca_a3–R4ca_a4–RY5ca_a2–R6ca_a2) бурых и серых оттенков. До глубины 70 см профиль обильно пронизан древесными корнями. В верхней части профиля большое количество строительного и бытового мусора (фрагменты кирпича, древесный уголь, гнезда шлака от сгоревшего каменного угля, строительная известка). На глубине 140–152 см вскрыт профиль погребенный темно-гумусовой глеевой почвы ([Ag]–[C1g]–[C2g]–G), палеогумусовый горизонт которой обогащен перегнойным материалом. Встречаются железистые пятна, ожелезнения по ходам корней. Отметим, что темно-гумусовые почвы в исходном строении городских почв Васильевского острова являются доминирующими [5].

Таблица 1. Классификационная принадлежность исследованных почв.

Разрез	Классификационная принадлежность исследованных почв	
	Герасимова и др., 2003	«Классификация и диагностика почв России» (2004)
ГП1-010	Агроурбанозем (культурозем) среднесуглинистый глубоко карбонатный сверхмощный на культурных слоях, подстилаемых озерно-ледниковыми супесями	Урбиквазизем среднесуглинистый глубоко карбонатный сверхмощный на культурных слоях, подстилаемых озерно-ледниковыми супесями
ГП2-010	Агроурбанозем (культурозем) среднесуглинистый средне карбонатный мелкий на культурных слоях, подстилаемых озерно-ледниковыми супесями	Урбиквазизем мелкий среднесуглинистый средне карбонатный мелкий на культурных слоях, подстилаемых озерно-ледниковыми супесями
ГП3-010	Агроурбанозем (культурозем) легкосуглинистый глубоко карбонатный средне мелкий на культурных слоях, подстилаемый погребенной темногумусово-глеевой почвой на озерно-ледниковых супесях	Урбиквазизем средне мелкий легкосуглинистый глубоко карбонатный средне мелкий на культурных слоях, подстилаемый погребенной темногумусово-глеевой почвой на озерно-ледниковых супесях

Сравнительный морфологический анализ позволил выявить общие черты исследованных городских почв: включения строительного и бытового мусора, содержание которого варьирует в широких пределах по профилю. Но есть различия по цвету, по дифференциации профилей. Также все почвы резко разделяются на погребенную и аллохтонную толщи. Суммарная насыпная толща в пределах обследованной территории, составляющая верхнюю часть современных городских почв, составляет 110–140 см (рис. 1).

Разрез ГП1-010 является однородным по строению насыпной толще. Глубина прогумусированной толщи составляет 0–140 см, что благоприятно с экологической точки зрения. Также мощный прогумусированный слой свидетельствует о том, что это специ-

ально насыпные культурные слои. Средняя мощность насыпных горизонтов в разрезе ГП1-010 составляет 35 см, граница между слоями не контрастная. Разрез ГП2-010 характеризуется большой сложностью насыпной толщи и разделен плотно уложенной булыжной мостовой. Под мостовой находятся 7 насыпных горизонтов средней мощностью 12 см, что значительно меньше, по сравнению с разрезом ГП1-010. Разрез ГП3-010 характеризуется резкой дифференциацией по горизонтам. Средняя мощность насыпных слоев в этом разрезе 23 см, мощность прогумусированной толщи 25 см. За условный ноль мы приняли исходную поверхность, которая характеризуется наличием погребенной почвы или почвообразующей породой. В разрезе ГП1-010 видны следы бывшей полугидроморфной почвы (железистые пятна). В разрезе ГП3-010 присутствует фрагмент профиля погребенной темно-гумусовой глеевой почвы.

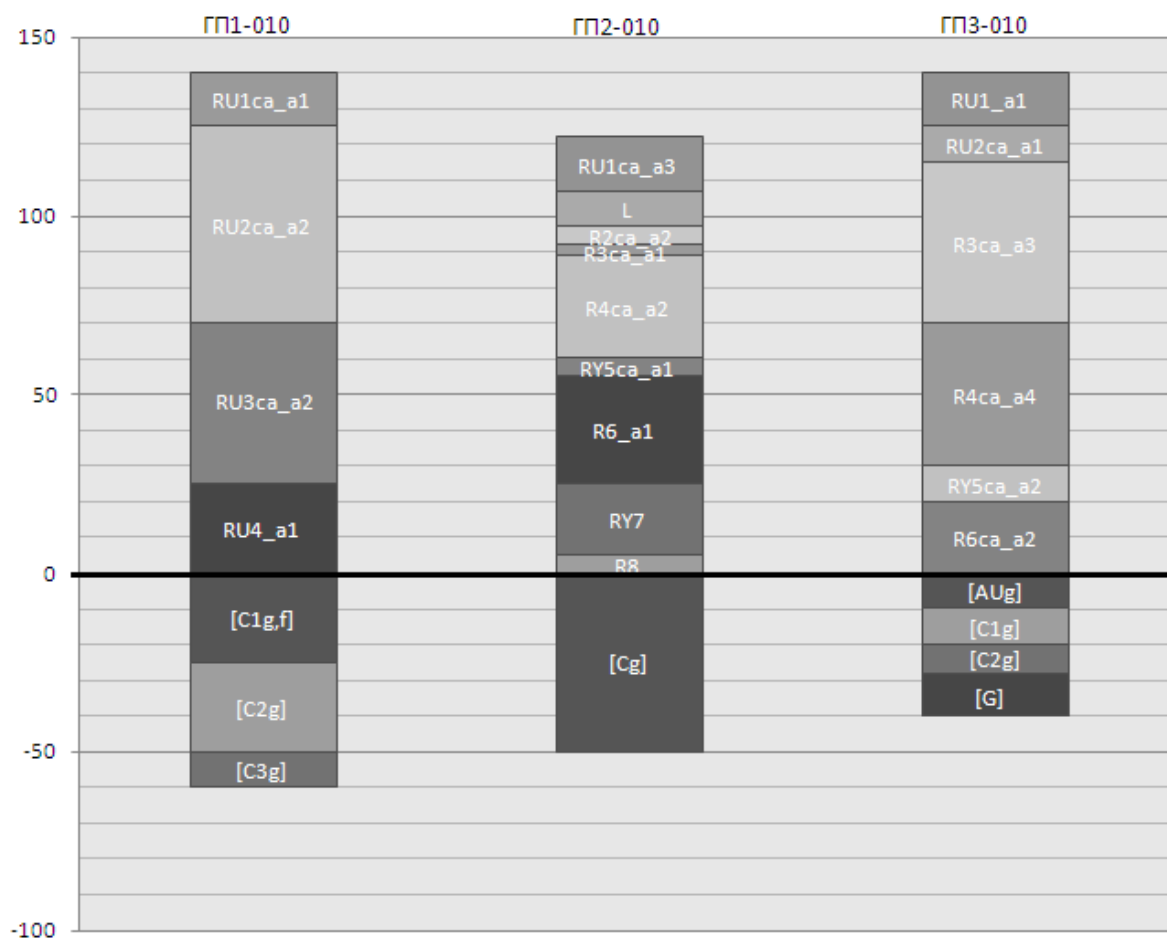


Рисунок 1. Морфологическое строение исследованных городских почв центральной части Васильевского острова (по оси ординат отмечена глубина, см).

Формирование исследованных почв происходило путем поверхностного накопления различного материала в результате хозяйственно-бытовой деятельности человека и преобразования верхних слоев при благоустройстве. В состав этих почв входят бутылочное стекло, строительные материалы и мусор, обломки кирпича (табл. 2).

В разрезе ГП1-010 содержание скелетной фракции неравномерное: в верхней части профиля содержание скелета велико (до 21 %), но максимальное содержание на глубине 90–115 (43 %), глубже 140 см скелетная фракция практически отсутствует. В разрезе ГП2-010 частицы >1 мм присутствуют до глубины 60 см, максимальное количество отмечено на глубине 32–50 см (41 %). В разрезе ГП3-010 выявлено большое содержание скелетной фракции, которая распределена равномерно до глубины 140 см (до 38 %), в нижней части содержание скелета близко к нулю.

Таблица 2. Включения в исследованных городских почвах центральной части Васильевского острова.

Разрез	Литоморфы	Антропоморфы
ГП1-010	Галька, валуны	Обрывки полиэтиленовой пленки, бутылочное стекло, фрагменты кирпичей, строительная известка, обломки шифера
ГП2-010	Отбеленные зерна кварца, валуны	Обломки щебня, каменный уголь, обломки стекла, известка, железная труба, фарфоровый пестик, кусок провода, ротор от машины, обломки кирпича
ГП3-010	Отбеленные зерна кварца, обломки гранита	Гнезда шлака от каменного угля, каменный уголь, крошки кирпича, известка

2. Химические и физические свойства городских почв центральной части Васильевского острова.

Изученные разрезы были проанализированы по ряду параметров. Реакция среды по профилю щелочная: $pH_{\text{водн.}}$ (от 7.2 до 8.5). Избыточная щелочность обусловлена наличием в профиле большого количества антропогенных включений, составляющих значительную часть скелета почв (строительного и бытового мусора). Характер изменения величины pH по профилю исследованных почв показал тенденцию увеличения щелочности в средней части профиля – это связано с наличием антропогенных включений. Содержание карбонатов зависит от количества включений в горизонтах, которое в пределах профиля варьирует от 0.6 до 7.9 %. В ГП2-010 присутствует слой строительной известки. При проведении полевого описания разрезов значительная часть горизонтов бурно вскипала от 10 % HCl . Содержание углерода в собственно урбаноземах составляет 0.1–2.5 % по профилю. В ГП2-010 есть горизонт с содержанием углерода 7.6 %, что связано с наличием большого количества каменного угля. Распределение углерода носит двойственный характер, наблюдается максимальное содержание углерода в верхних прогумусированных горизонтах, в средней части профиля его содержание уменьшается и вновь возрастает на глубине 50–120 см.

3. Экологическое состояние городских почв центральной части Васильевского острова

По диагностическим показателям экологического состояния городских почв [6], а именно по каменистости в слое 0.5 м (%) и величине pH , состояние исследуемых почв средне удовлетворительное. По показателю каменистости в слое 0.5 м экологическая ситуация во всех исследуемых почвах относительно удовлетворительная (20 %), выявлено заметное ухудшение некоторых качественных свойств, признаки нарушения имеют обратимый характер. По величине $pH_{\text{вод.}}$ в разрезе ГП1-010 ситуация средне удовлетворительная (7.5–8.0), вызываемая нестабильностью и снижением устойчивости данного свойства, что может привести в дальнейшем к самопроизвольной деградации почв. В разрезах ГП2-010 и ГП3-010 во всех профилях экологическое состояние весьма неудовлетворительное (8.0–8.5), диагностировано трудно обратимое нарушение ряда свойств, которое может привести к чрезвычайной или кризисной экологической ситуации, что исключает самовосстановление природной среды в целом. Исключения составляют верхние горизонты городских почв, где выявлена средне удовлетворительная экологическая ситуация, что определяет нестабильность и снижает устойчивость некоторых свойств, приводящих в дальнейшем к самопроизвольной деградации почв.

ВЫВОДЫ

В ходе работы были описаны полнопрофильные почвы, состоящие из городских и погребенных почв. Выявлено, что в центре Васильевского острова были темно-гумусовые глеевые почвы на озерно-ледниковых супесях. Для изученных городских почв характерна избыточная щелочность, которая обусловлена наличием в профиле большого количества антропогенных включений. Выявлено, что в исследованных почвах повышенное содержание карбонатов, которое зависит от количества включений в горизонтах данных почв. Распределение углерода носит бимодальный характер, наблюдается максимальное содержание углерода в верхних прогумусированных горизонтах, в средней части профиля его содержание уменьшается и вновь возрастает на глубине 50–120 см. По показателю каменистости в слое 0.5 м экологическая ситуация во всех исследуемых почвах относительно удовлетворительная. По величине pH в разрезе ГП1-010 ситуация средне удовлетворительная, а в разрезах ГП2-010 и ГП3-010 во всем профиле экологическое состояние весьма неудовлетворительное.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. – М: Изд-во МГУ, 1970.
2. *Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы. – М., 2003.
3. *Классификация и диагностика почв России.* – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2004.
4. *Растворова О.Г.* Физика почв (практическое руководство). – Л: Изд-во ЛГУ, 1983.
5. *Русаков А.В., Новиков В.В.* Биологическая активность современных и погребенных почв исторического центра Санкт-Петербурга// Микробиология. 2003. Т. 72. № 1.
6. *Строганова М.Н., Прокофьева Т.В., Прохоров А.Н., Лысак Л.В., Сизов А.П., Яковлев А.С.* Экологическое состояние городских почв и стоимостная оценка земель// Почвоведение. 2003. № 7.

Работа рекомендована доцентом, к.б.н. Русаковым Алексей Валентиновичем

УДК 631.48

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ОКУЛЬТУРЕННОЙ ПОЧВЫ

П.А. Филиппов

ГНУ Агрофизический НИИ Россельхозакадемии, Санкт-Петербург

На примере стационарного полевого опыта, расположенного в Гатчинском районе Ленинградской области, показано влияние различных по интенсивности систем минеральных удобрений на агрохимические и агрофизические свойства окультуренной дерново-подзолистой почвы на фоне неодинаковой степени внесения навоза и извести. Дана подробная характеристика влиянию органических и минеральных удобрений на структурное состояние изучаемой почвы.

ВВЕДЕНИЕ

Ни для кого не секрет, что в Нечерноземной зоне Российской Федерации дерново-подзолистые почвы являются доминирующими[3, 4]. Это значит, что именно от их рационального использования будет зависеть успешность ведения сельского хозяйства и, закономерно, достижение продовольственной безопасности во всем северо-западном регионе нашей страны. А так как дерново-подзолистые почвы по своей природе не богаты

основными элементами питания и гумусом (и поэтому малоплодородны)[3], то привнесение питательных элементов при помощи различного рода удобрений просто необходимо для сколько-нибудь эффективного сельскохозяйственного производства в данных условиях. Но с началом так называемого реформирования АПК (90 годы 20 века) работы по интенсификации сельского хозяйства прекратились, что сказалось на снижении производительности его отраслей, разрушении инфраструктуры, снижению почвенного плодородия, особенно в Нечерноземной зоне. Резкое сокращение применения органических и минеральных удобрений и известкования привело к быстрому обеднению почв вследствие высокой интенсивности элювиальных процессов [2]. Однако, не вызывает сомнений тот факт, что именно комплексное окультуривание этих почв является решающим фактором воспроизводства их плодородия. А для рационального использования удобрений как неотъемлемого атрибута комплексного окультуривания дерново-подзолистых почв имеет большое значение научно обоснованное соотношение питательных веществ (NPK) с учетом почвенного плодородия [1]. И для того, чтобы выявить нужное соотношение вышеупомянутых элементов питания и дать оценку влиянию различных по интенсивности органо-минеральных систем удобрения на физические и агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы, были проведены исследования, результаты и условия проведения которых будут освещены далее.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В 2003 году на изучаемой дерново-подзолистой почве была выбрана площадка общей площадью 2 га, которая была разделена на 3 парцеллы по 0.5 га каждая, между ними разделительные полосы шириной 10 м и защитные полосы. Для закладки опыта почва была одинакова по генезису, но различалась по целенаправленно подготовленной степени применения навоза (табл. 1).

В 2005 году осенью проведено известкование. В 3-ем варианте почвы внесли известь из расчета 3 т/га, во 2-ом варианте – 1 т/га, в 1-ом варианте почвы известкование не проводилось.

Таким образом, были созданы две парцеллы с разной степенью внесения навоза и извести, третья парцелла осталась в первоначальном состоянии.

Таблица 1. Дозы внесения органических удобрений
в период подготовки почвы к опыту (2003–2009 гг.).

№ варианта почвы по применению навоза	Внесение навоза, т/га				
	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2009 г.	Всего
1	–	–	–	–	–
2	80.0	80.0	–	80.0	240.0
3	160.0	320.0	40.0	160.0	680.0

На этих парцеллах в 2006 году было заложено 2 типа севооборотов – полевой и овощной, с целью создания максимализации разнообразных технологических приемов с разными требованиями культур к почвенным условиям. В каждом севообороте реализуется три уровня интенсивности технологии. В вариантах с наиболее интенсивными технологиями должен был быть получен максимальный для данных природных условий урожай сельскохозяйственных культур, задействованных в опыте.

Чередование культур в севооборотах:

Полевой севооборот:

2006 год – ячмень с подсевом многолетних трав, 2007 год – многолетние травы 1 года пользования, 2008 год – многолетние травы 2 года пользования, 2009 год – озимая рожь, 2010 год – картофель, 2011 год – однолетние зернобобовые, 2012 год – картофель

Овощной севооборот

2006 год – белокачанная капуста, 2007 год – морковь, 2008 год – столовая свекла, 2009 год – ячмень с подсевом многолетних трав, 2010 год – многолетние травы I года пользования, 2011 год – многолетние травы II года пользования

Условия проведения исследований подразумевали почву опыта дерново-подзолистую, окультуренную; гранулометрический состав почвы – супесь, почвообразующая порода – опесчаненная морена, подстилаемая суглинистой мореной. Агрохимические показатели почвы перед закладкой опыта представлены в таблице 2.

Таблица 2. Агрохимические показатели почвы перед закладкой опытов в Меньковском филиале Агрофизического НИИ, 2006.

№№ п/п	Вариант опытов, т/га внесено навоза	рН (KCl)	Гумус, %	N общ., %	P ₂ O ₅	K ₂ O
					мг/100 г почвы	
Полевой севооборот						
1	Навоз 0	5.5–5.7	2.58–3.23	0.11–0.15	28.7–30.5	19.0–25.5
2	Навоз 1, 240	6.0–6.4	3.12–3.48	0.16–0.18	32.0–35.6	40.0–47.5
3	Навоз 2, 240+80 (320)	6.2–6.6	3.22–4.39	0.17–0.24	37.5–46.2	50.5–82
Овощной севооборот						
1	Навоз 0	5.4–5.8	2.52–3.75	0.11–0.20	25.4–29.3	21–25.5
2	Навоз 1, 680	6.0–6.2	3.21–4.34	0.21–0.25	35.6–38.8	47.5–58.5
3	Навоз 2, 680+160 (840)	6.2–6.4	3.62–4.26	0.21–0.27	41.7–47.7	74.5–88

Размер делянки в полевом севообороте – 255 м², а в овощном – 266 м², повторность трехкратная. В каждом севообороте испытывались три уровня интенсивности технологий, которые заключались в использовании минеральных удобрений в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность высокопродуктивных сортов и гибридов, высококачественного семенного материала высоких репродукций, соблюдении сроков и качества выполнения всех технологических операций по подготовке почвы к посеву и посадке, уходу за растениями в течение вегетации.

Перед закладкой опытов весной и после уборки культур осенью 2006-го года проводился отбор почвенных проб для определения кислотности, содержания гумуса, общего азота, фосфора и калия. Кислотность (рН) определяли в солевой вытяжке KCl, гумус по Тюрину, общий азот по Кьельдалю, фосфор и калий по Кирсанову.

В сентябре 2011 года на каждом из вариантов опыта с целью взятия образцов и сравнения профилей почвы были сделаны почвенные разрезы. Далее каждый из полученных почвенных образцов был подвергнут сухому рассеву, после чего стало возможным анализировать структурное состояние изучаемой дерново-подзолистой почвы. Результаты сухого рассева образцов полевого севооборота приведены в таблице 3.

Аналогичные данные, полученные при сухом рассеве почвы овощного севооборота, размещены в таблице 4.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Интенсивное возделывание культур полевого и овощного севооборотов в контрольных вариантах без применения удобрений привело к развитию скрытых деградиционных процессов, более выраженных в отношении агрохимических и менее – относительно агрофизических свойств. Внесение 320 т/га навоза совместно с поддерживающим известкованием в дозе 1 т/га способствовало достоверной оптимизации кислотно-основного состояния изучаемой почвы и повышению рН сол. до 6.1. Вопреки ожиданиям, применение сверхвысокой дозы навоза и извести в дозе 3 т/га не привело к дальнейшему снижению

кислотности. Из агрохимических свойств лишь содержание подвижных соединений калия достоверно реагировало на повышение дозы навоза увеличением показателя на 173 %. Применение последнего в дозе 320 т/га привело к увеличению валового содержания в среднем на 19 %, подвижного калия – на 103 %, фосфатов – на 50 %, органического вещества – на 25 %.

Таблица 3. Структурное состояние дерново-подзолистой почвы опыта (Полевой севооборот).

Вариант опыта		Массовая доля (%) по фракциям (мм)						
Вид почвы	Горизонт	>10	5–10	3–5	1–3	0.5–0.1	0.25–0.5	<0.25
Навоз 0	A _{пах}	18.0	6.3	7.5	7.0	6.9	21.1	33.4
	A ₁ A ₂	5.3	15.1	17.4	26.4	9.6	20.2	6.2
	A ₂ B	7.1	11.6	12.5	20.3	9.9	34.6	3.6
	B ₁	28.6	17.7	10.7	10.1	6.5	10.2	16.4
	B ₂	23.0	9.1	5.8	4.1	7.2	33.4	17.9
	C	0.3	0.6	1.1	0.7	4.2	65.3	27.8
Навоз 1	A _{пах.}	8.5	34.4	14.7	12.0	10.0	17.3	3.0
	A ₁ A ₂	1.7	7.1	9.7	13.8	12.3	35.2	20.5
	A ₂ B	2.2	2.3	3.2	4.7	7.0	39.1	41.5
	B ₁	19.7	8.2	6.4	41.0	3.8	16.5	4.9
	B ₂	0.7	1.4	1.4	1.6	7.9	59.5	27.6
	C	26.1	9.9	4.6	4.8	8.3	35.0	11.6
Навоз 2	A _{пах}	9.3	16.7	13.0	12.2	10.1	33.9	5.5
	A ₁ A ₂	1.9	7.3	11.4	14.6	10.8	33.7	20.6
	A ₂ B	7.2	6.1	6.0	6.5	9.1	28.5	36.7
	B ₁	30	12.1	8.2	8.3	6.4	21.0	14.4
	B ₂	24.6	13.3	9.2	8.8	8.4	19.8	16.4
	C	25.4	10.1	7.0	5.9	7.9	36.3	7.7

Таблица 4. Структурное состояние дерново-подзолистой почвы (Овощной севооборот).

Вариант опыта		Массовая доля (%) по фракциям (мм)						
Вид почвы	Горизонт	>10	5–10	3–5	1–3	0.5–0.1	0.25–0.5	<0.25
Навоз 0	A _{пах}	1.2	8.9	13.4	25.7	15.0	27.6	8.4
	A ₂ B	4.3	5.8	9.2	45.3	10.1	20.7	4.8
	B ₁	31.6	24.0	10.1	7.0	4.6	9.1	13.8
	B ₂	76.0	5.9	4.1	2.4	2.1	3.9	6.1
	C	7.8	5.8	3.3	1.7	8.0	58.0	15.6
Навоз 1	A _{пах.}	3.2	10.4	11.4	17.2	11.3	32.0	14.8
	A ₁ A ₂	3.4	11.4	11.7	14.6	9.6	26.9	22.6
	A ₂ B	1.5	5.0	11.4	22.3	12.2	35.0	12.8
	B ₁	15.6	13.4	10.1	10.0	9.4	27.8	14.4
	B ₂	3.3	2.1	2.4	2.0	6.4	49.5	34.7
	C	37.1	11.1	6.4	4.9	6.1	20.1	14.5
Навоз 2	A _{пах}	0.5	19.1	18.3	17.1	12.5	27.9	4.2
	A ₁ A ₂	0.5	21.8	19.5	19.2	10.1	21.8	11.5
	A ₂ B	0.4	9.2	19.3	38.0	14.5	17.4	1.6
	B ₁	21.2	18.6	7.9	6.1	7.6	22.2	16.7
	B ₂	73.6	37.8	14.9	19.7	5.2	11.1	12.2
	C	68.9	10.0	3.7	2.8	1.9	5.5	7.1

В результате агрофизических исследований было установлено, что применение высоких доз навоза (320 т/га) на фоне поддерживающего известкования увеличило и усилило коагуляцию коллоидов в пределах пахотного слоя почвы. Прямым следствием этого

стало увеличение агрономически ценных агрегатов (1–10 мм) на 193 % в полевом севообороте и на 135 % в овощном. Применение же сверхвысоких доз навоза (840 т/га), вопреки нашим ожиданиям, не вызвало в изучаемой почве дальнейшего улучшения структурного состояния почвы. Главной причиной этого, по нашему мнению, стала специфичная направленность гумусообразовательного процесса при избыточном поступлении легкоминерализуемого вещества. Так, микроморфологический анализ почвенных шлифов показал, что в отличие от второго варианта, где образовывался гумус типа муль, здесь формировались, преимущественно, грубогумусовые вещества типа модер. Значение последних в оптимизации агрофизических свойств почвы выражено гораздо слабее.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенных нами исследований можно сказать, что воспроизводство плодородия высокопродуктивных окультуренных дерново-подзолистых почв требует применения поддерживающего известкования, применения повышенных доз органических и средних доз минеральных удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В.А. Экономика использования удобрений. – М.: Колос, 1974. С. 15
2. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение. – М.: Колос, 2010. С. 295, с. 134.
3. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. С. 223.
4. Пупонин А.И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны. – М.: Колос, 1984. С. 126.

Работа рекомендована д.с.-х.н. А.И. Ивановым.

УДК 631.48

МЕЗОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕМНО-СЕРЫХ ПОЧВ НИЗКОГОРНОГО РЕЛЬЕФА ВОСТОЧНОЙ ОБЛАСТИ ГОР ЮЖНОГО УРАЛА

Р.М. Халитов, Е.В. Абакумов

Санкт-Петербургский государственный университет, aves1103@rambler.ru

Темно-серые и серые почвы являются зональным типами почв характерными для севера суббореального пояса. На данный момент почвы Южного Урала являются слабоизученными в отношении вопросов классификации, происхождения и развития. Данная работа посвящена изучению мезоморфологических характеристик темно-серых почв низкогорного рельефа восточной области гор Южного Урала в целях уточнения генезиса почв и их классификационного положения.

Ключевые слова: почвы Южного Урала, мезоморфологические признаки, диагностика почв.

ВВЕДЕНИЕ

Темно-серые и серые почвы изучены многочисленными исследователями в различных ареалах своего распространения, начиная с лесов степной зоны Украины (А.П. Травлеевым), центральной лесостепи (Б.П. Ахтырцевым), Среднерусской возвышенности (Л.С. Счастливая, О.Г. Растворова, Ю.Г. Чендев), Приволжской возвышенности (И.С. Урусевская, О.С. Хохлова, В.А. Болдырев, Э.И. Гагарина), на территории Южного Урала (А.Х. Мукатанов), Красноярской лесостепи (Е.В. Семина) и многими другими.

Темно-серые и серые лесные почвы формируются (по мнению Б.П. Ахтырцева) под влиянием следующих процессов: поступление органического вещества в почву, гумусонакопление и связанная с ним биогенная аккумуляция зольных веществ, выщелачивание

карбонатов и легкорастворимых солей, миграция гумусовых веществ и продуктов разрушения минералов, лессиваж и оглинивание [2].

Объекты нашего исследования – текстурно-дифференцированные почвы низкогорного рельефа восточной области гор Южного Урала. Приведенные в данной работе материалы характеризуют диагностические признаки темно-серых почв, уточняют классификационное положение и особенности их генезиса при помощи мезоморфологических исследований.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

На Южном Урале горно-лесные серые почвы доминируют в почвенном покрове. Почвы этого типа наиболее распространены под березовыми, сосновыми, березово-сосновыми фитоценозами, а также березовыми лесами с примесью широколиственных пород [5]. Серые почвы, как правило, приурочены к низкокарбонатным почвообразующим породам северной лесостепи, в то время как в центральной и южных частях лесостепной зоны формируются темно-серые почвы, нередко приуроченные к более карбонатным породам [1]. В новой классификации и диагностике почв России (2004) темно-серые и серые почвы потеряли составную часть названия «лесные», что связано с субстантивно-профильным характером классификации.

Профили темно-серых почв характеризуются сложностью организации – большим набором горизонтов (формирование горизонтов BEL и BEL[hh]), незначительной мощностью профиля, повышенным содержанием гумуса, кислой реакцией среды. Мезоморфологический облик каждой из изученных темно-серой почвы индивидуален. Это обусловлено спецификой почвообразующей породы (мощностью рыхлого чехла и степенью выветренности) и геоморфологическими условиями [2].

Несмотря на небольшую мощность профилей темно-серых почв горных террас, мезоморфологические признаки элювиально-иллювиальных процессов прослеживается до значительных глубин. Некоторые профили изученных почв осложнены исходной литологической неоднородностью склоновых отложений, играющей определенную роль в вертикальной дифференциации профиля. Мезоморфологическая характеристика темно-серых почв Южного Урала проводится впервые с целью изучения и диагностики почвообразовательных процессов.

Были проведены исследования темно-серых почв Национального парка «Башкирия», Республика Башкортостан. Были исследованы 3 разреза темно-серых почв.

Климат на территории НП «Башкирия» континентальный, характеризующийся относительно резкой изменчивостью и непостоянством погоды по отдельным годам, что особенно характерно для горной местности Урала. Среднегодовое количество осадков в восточной части парка – 582 мм, западной – 404 мм. Важнейшими климатообразующими факторами являются рельеф и гидрографическая сеть. Горные хребты и их отроги усложняют циркуляцию атмосферы и создают большую гамму микроклиматических особенностей. В геоморфологическом отношении национальный парк входит в район низкогорного рельефа восточной области гор Южного Урала. По геологическому строению территория НП «Башкирия» входит в область Предуральяского краевого прогиба и Уральскую складчатую область, по типу мегарельефа территория парка относится к горному [8].

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВ

Диагностика почв проводилась с помощью классификации и диагностики почв России [4] и полевого определителя почв России [7]. Мезоморфологические характеристики описаны с помощью руководства к микроморфологическим исследованиям в почвоведении [6]. Мезоморфологические свойства почв изучены с использованием электронной лупы Webbers F2CN Deep Viewer. Объектами исследования являлись структурные отдельности и новообразования.

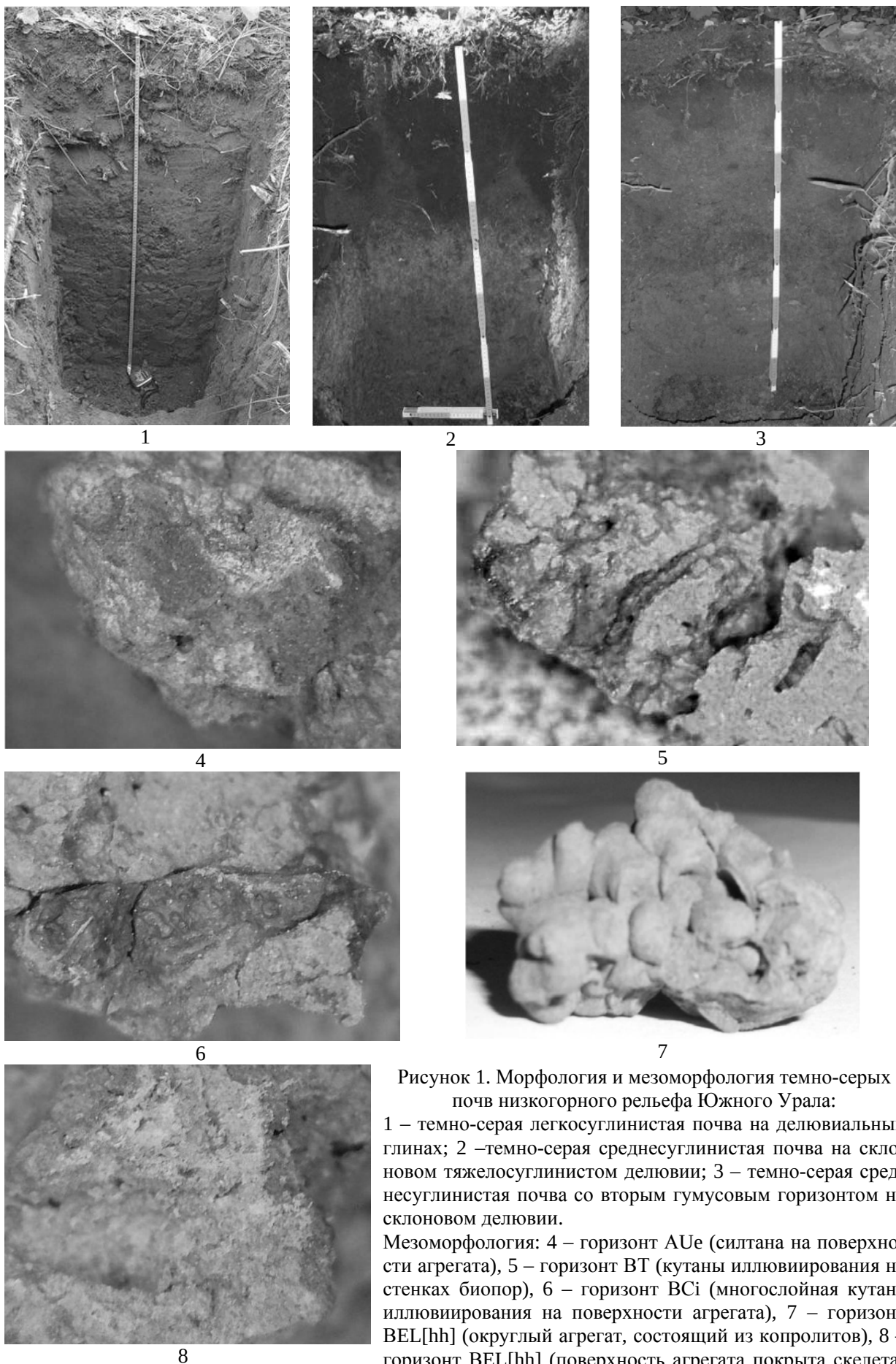


Рисунок 1. Морфология и мезоморфология темно-серых почв низкогогорного рельефа Южного Урала:

1 – темно-серая легкосуглинистая почва на делювиальных глинах; 2 – темно-серая среднесуглинистая почва на склоновом тяжелосуглинистом делювии; 3 – темно-серая среднесуглинистая почва со вторым гумусовым горизонтом на склоновом делювии.

Мезоморфология: 4 – горизонт AUe (силтана на поверхности агрегата), 5 – горизонт BT (кутаны иллювиирования на стенках биопор), 6 – горизонт BCi (многослойная кутана иллювиирования на поверхности агрегата), 7 – горизонт BEL[hh] (округлый агрегат, состоящий из копролитов), 8 – горизонт BEL[hh] (поверхность агрегата покрыта скелетной).

Агрегаты, или педы представляют собой естественные обособления почвенного материала, отделенные от других такого же рода обособлений поверхностями с ослабленными связями. Новообразования отличаются повышенной концентрацией вещества, иной его организацией (взаимной ориентацией компонентов, расположением их по отношению к вмещающей массе и друг к другу) и, как правило, четкими границами [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате морфологических исследований темно-серых почв, была составлена таблица 1, с модельным описанием морфологических признаков основных почвообразовательных процессов. Эти процессы накладываются друг на друга и достаточно проблематично выделить одного из них. Из таблицы следует, что макроморфологические признаки соответствуют мезоморфологическим; выявлены признаки микростроения почв, которые не диагностируются в макроморфологическом методе (например: микрозоны обеднения). Литологическая неоднородность склоновых отложений влияет на интенсивность проявления процессов элювирования и лессиважа. Мы предполагаем, что почвообразующие породы представлены глинами, выщелоченными от карбонатов. Глины образовались в течение длительного времени за счет выветривания известняков, которыми сложены вершины хребтов. Таким образом, переотложенный силикатный материал является почвообразующей породой для темно-серых почв, за счет чего процессы элювирования и лессиважа выражены не так сильно как в аналогичных почвах Русской равнины на лессах и лессовидных суглинках.

Таблица 1. Морфологические особенности изученных темно-серых почв Южного Урала.

Уровни исследования, увеличения.	Почвообразовательные процессы		
	гумусонакопление (горизонт AU)	Элювиальный (горизонт A _{ue} , BEL)	Лессиваж (глинисто-иллювиальный) (горизонт BT)
Макроморфологические признаки	Темно-серая окраска, мелкокомковатая структура, высокое содержание копролитов, большое количество корней трав.	Зона элювиальной деградации текстурного горизонта с неоднородной окраской, характеризуется сочетанием темных и светлых морфонов; ореховато-призматическая структура (формирование горизонта BEL). Элювирование в пределах гумусового горизонта диагностируется по характеризуется белесой «присыпке».	Бурая окраска, призматическая структура, на гранях структурных отдельностей расположены кутаны иллювирования.
Мезоморфологические признаки, ув. до 200х, прямой свет	Гумус ассоциирован с минеральной массой, встречаются слаборазложившиеся растительные остатки, значительная агрегированность почвенной массы.	Появляются признаки перемещения плазмы, диагностируются микрозоны обеднения гумуса. В горизонте BEL обнаружены многочисленные скелетаны. Резкий контраст между «срезом» и «изломом».	Бурая окраска, четко диагностируются многочисленные кутаны иллювирования, локализованные в порах. Резкий контраст между «срезом» и «изломом»

Мезоморфологические исследования показали, что гумусово-аккумулятивный горизонт темно-серых почв относится к темногумусовому, где органическое вещество ассоциировано с минеральной массой, наблюдается обилие копролитов и слаборазложившихся растительных остатков. В серых почвах гумусовый горизонт ближе к серогумусовому.

Гумусово-элювиальный горизонт характеризуется неоднородной окраской, прослеживаются процессы выноса материала в нижележащие горизонты, что свидетельствует о вертикальной миграции вещества, характерной для большинства текстурно-дифференцированных почв. В субэлювиальном горизонте представлены некоторые морфологические фрагменты текстурного горизонта, обильные силтаны и скелетаны. В текстурном горизонте представлены многочисленные гумусово-глинистые кутаны, а также глинистые кутаны без примеси органического вещества, которые приурочены к поверхности агрегатов (локализуются в порах). На формирование второго гумусового горизонта значительное влияние накладывает почвенная биота, что выражено в формировании округлых агрегатов, состоящих из копролитов. Поверхность агрегатов покрыта светлыми скелетанами. В переходных к породе горизонтах прослеживаются многослойные кутаны иллювиирования, приуроченные к порам или трещинам.

ВЫВОДЫ

Исследованные текстурно-дифференцированные почвы Южного Урала характеризуются близким пространственным расположением и формируются в сходных биоклиматических условиях. Но изученные почвы осложнены исходной литологической неоднородностью склоновых отложений, что осложняет определение таксономического положения почв.

На территории низкогорного рельефа Южного Урала формируются темно-серые почвы с укороченным профилем. Мезоморфологические характеристики отчетливо диагностируются в субэлювиальном и текстурном горизонте по характерным признакам: скелетанам, глинистым и гумусово-глинистым кутанам, которые формируются в процессе элювиирования и лессиважа.

Таким образом, изучение мезоморфологических свойств помогает диагностировать основные почвообразующие процессы в целях уточнения генезиса почв и их классификационного положения. Это особенно важно при проведении первичных почвенных обследований особо охраняемых территорий.

Изучение мезоморфологии темно-серых почв низкогорного рельефа Южного Урала должно быть продолжено в целях уточнения генезиса почв и их классификационного положения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абакумов Е.В., Сулейманов Р.Р., Шамсимухаметов М.М., Саксонов С.В.* Темно-серые и темно-серые краснопрофильные почвы Самарской области и Башкортостана // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии – 2011 – Т.20, №3. С 115–120.
2. *Болдырев В.А.* Лесные почвы южной части Приволжской возвышенности. Саратов, 1993. 61 с.
3. *Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А.* Микроморфология почв природных зон СССР. Пушино, 1992.
4. *Классификация и диагностика почв России.* Смоленск.: Ойкумена, 2004. 342 с.
5. *Мукатанов А.Х.* Горно-лесные почвы Башкирской АССР. М., 1982. 147 с.
6. *Парфенова Е.И., Ярилова Е.А.* Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. М., «Наука», 1977.
7. *Полевой определитель почв.* – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. – 182 с.
8. *Якупов И.И.* Место национального парка «Башкирия» в системе охраняемых природных территорий Республики Башкортостан и его общая характеристика // Экологические аспекты сохранения биологического разнообразия национального парка «Башкирия» и других территорий Южного Урала: Сборник научных статей. Уфа: Информ-реклама, 2007. С. 7–16.

АДАПТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА К ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ СЕВЕРО-ЗАПАДА КАВКАЗА

И.Б. Хаштыров, С.А. Бандюк

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, abraam_kub.sau@mail.ru

На основании результатов агроэкологических исследований, охватывающих основные почвенно-климатические зоны Северо-Запада Кавказа (Краснодарский край и республика Адыгея), показана адаптивность гибридов подсолнечника различного происхождения к почвенно-экологическим условиям района исследований.

ВВЕДЕНИЕ

Краснодарский край, административно простираясь по оба склона (северный и южный) Главного Кавказского хребта, отражает достаточно большую территорию Северо-Запада Кавказа, характеризующуюся большим разнообразием агрофизических условий. Почвенный покров (сельскохозяйственного назначения) региона в силу физико-географических особенностей местности характеризуется резко выраженной зональностью, где особо актуальна вертикальная, обуславливающая более резкую градиацию почвенно-экологических факторов [1, 4]. Исследуя почвы Кавказа, профессор В.В. Докучаев еще в конце 19-го столетия указывал на значимость этого вопроса в труде «Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны Кавказа»: «Именно ввиду разницы абсолютных высот, приходится иметь дело кроме горизонтальных зон, еще с зонами вертикальными, играющими особенно большую роль на Кавказе» [6, с. 406]. Действительно, зональность почв данного региона, в совокупности с закономерно изменяющимися в зависимости от высотности физическими явлениями приземного слоя атмосферы (микроклиматом), вносит значительный вклад в вариабельность величин продуктивности такой сравнительно неприхотливой к условиям произрастания культуры, как подсолнечник [12], и, соответственно, «не может подлежать сомнению, что как земледелие вообще, так и правильная постановка на Кавказе так называемых высших сельскохозяйственных культур, в особенности, должны быть строжайшим образом приурочены к вышеупомянутым почвенным и климатическим особенностям края» [6, с. 402; 5].

Таким образом, учитывая, что степень сохранения генетически обусловленного уровня продуктивности культивируемых растений является признаком генотипическим [2, 3, 7], изучение адаптивности к почвенно-экологическим условиям региона новых сортов/гибридов, внедряемых в сельскохозяйственное производство, особенно интродуцентов, представляет практический интерес, как писал академик Н.И. Вавилов: «Чтобы уверенно говорить о пригодности культуры вида и сорта в новых условиях, нужен прямой опыт» [3, с. 223].

Цель исследований – оценка адаптивности гибридов масличного подсолнечника к почвенно-экологическим условиям Северо-Запада Кавказа по величине урожайности.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Объектом исследований служили гибриды подсолнечника отечественной и зарубежной селекции:

Юпитер (Россия, ВНИИМК) – гибрид, отличающийся комплексной устойчивостью к ложной мучнистой росе, фомопсису и заразихе.

Помар (Франция) – гибрид, высокоустойчив к заразихе, резистентен к фомопсису.

С-207 (США) – гибрид, устойчивый к ложной мучнистой росе и ржавчине, восприимчив к фомопсису.

Полевые опыты проводились в трех различающихся по почвенно-климатическим условиям зонах, две из которых располагались на территории Краснодарского края (северная и центральная) и одна – республики Адыгея (южно-предгорная), при различной (заданной) густоте стояния растений в посеве (из расчета 30, 50 и 70 тыс. раст./га). Также, учитывалась специфика агрометеорологических условий, сложившихся в годы (трех лет) проведения исследований. Учитывалось в совокупности влияние четырех факторов по схеме «гибрид×густота×зона×год». Учеты и наблюдения проводились, руководствуясь методическими рекомендациями ВНИИМК [10].

Статистическая обработка полученных данных проведена методами главных компонент, регрессионного и дисперсионного анализов в среде «Statistica 7».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Анализируемым признаком являлась урожайность гибридов – как функция, интегральный показатель, отражающий условия, в которых протекал продукционный процесс [2, 3, 7]. Анализ данных в модели четырехфакторного («гибрид×густота×зона×год») дисперсионного комплекса показал статистически достоверную межгрупповую изменчивость результативного признака и эффектов всех уровней взаимодействий факторов, что является обязательным условием оценки параметров адаптивности – экологической пластичности¹ и стабильности (регулярность реакции гибрида на изменение условий среды) генотипа по величине урожайности [13].

Результаты оценки экологической пластичности (b_i), оцениваемой по величине регрессии урожая гибрида на индекс среды, и стабильности (s^2_{di}) – дисперсия отклонения от линии регрессии, свидетельствовали о несогласованности рангов статистических характеристик гибридов – высокой пластичности ($b_i < 1$) и урожайности, что затрудняет идентификацию наиболее адаптивного гибрида (табл.). Дальнейшая оценка адаптивности была продолжена используя параметры, предложенные Лудиловым с соавторами [9], которая предусматривает переход от фактических значений статистических характеристик к их линейным комбинациям в системе многомерного статистического анализа [8], дополнив гибриды «моделью» – объект, сочетающий лучшие из пяти характеристик (x , x_{max} , x_{min} , b_i , s^2_{di}), методом главных компонент (в таблице указан принцип выбора модели). Так, при объединении пяти статистических характеристик урожайности гибридов два первых фактора учли в совокупности более 95 % изменчивости, а проекция их (стат. характеристик) на факторной плоскости занимала периферию единичной окружности, что позволило ограничиться рассмотрением двух главных компонент.

Таблица. Статистические характеристики урожайности гибридов.

Гибрид	Урожайность, т/га			b_i	s^2_{di}
	$\bar{x}$	x_{max}	x_{min}		
Юпитер	2.43	3.28	1.58	0.918	0.018
Помар	2.84	3.95	1.50	1.204	0.021
С-207	2.64	3.46	1.71	0.882	0.019
МОДЕЛЬ	2.84	3.95	1.71	0.882	0.018

Как видно из рисунка, различие гибридов сомнений не вызывают. В системе координат первой и второй компоненты положительную область занимают «идеальный объект» – модель и гибрид С-207, а гибриды Юпитер и Помар – отрицательную и наиболее отдалены от модели.

¹ Ввиду двоякости трактовки данного понятия, считаем целесообразным отметить, что нами в него вкладывается смысл, сформулированный академиком Н.И. Вавиловым «Экологическая пластичность сорта – в смысле пригодности его для возможно широкого ареала» [3, с. 433], т.е. в данном случае – сочетание в одном гибриде сравнительно высокой урожайности и наименьшей реакции (отзывчивости) на условия среды ($b_i < 1$), изменяющихся по годам и зонам испытания, в т.ч. формируемых различной густотой посева.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, ординация гибридов и модели в пространстве главных компонент (рис.) свидетельствует, что гибрид С-207, который наиболее приближен к модели, является «объектом» с наиболее благоприятным сочетанием пяти статистических характеристик, описанных в табл., и, соответственно, более адаптивным к почвенно-экологическим условиям района исследования.

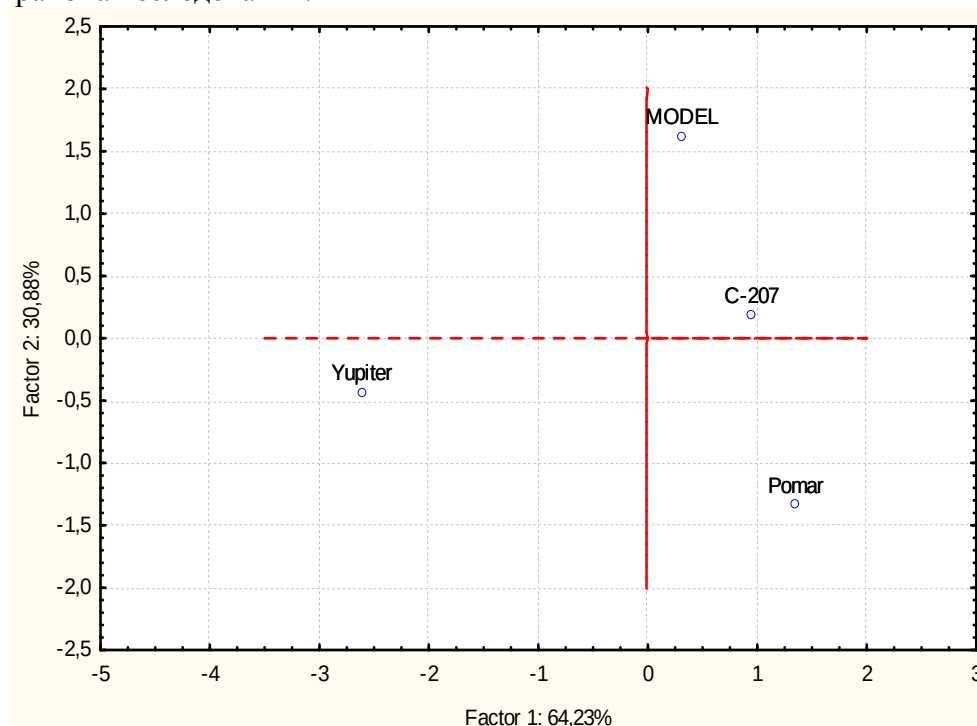


Рисунок. Распределение гибридов относительно «модели».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агрометеорологические ресурсы* Краснодарского края. – Л, 1975.
2. *Айци Дж.* Сельскохозяйственная экология. – М.: Изд. иностр. лит., 1959. – 479 с.
3. *Вавилов Н.И.* Избранные сочинения. – М.: Колос, 1966. – 559 с.
4. *Вальков В.Ф. и др.* Почвы Краснодарского края, их использование и охрана. – Ростов-на-Дону, 1996. – 192 с.
5. *Вальков В.Ф.* Почвенная экология сельскохозяйственных растений. – М, 1986. – 207 с.
6. *Докучаев В.В.* Избранные сочинения. – М.: Изд. с.-х. лит., 1954. – 708 с.
7. *Жученко А.А.* Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). – Кишинев «Штиинца», 1988. – 767 с.
8. *Кендалл М., Стьюарт А.* Многомерный статистический анализ и временные ряды / пер. с англ. – М.: Наука, 1976. – С. 400–436.
9. *Лудилов В.А. и др.* Оптимизация методов оценки экологической пластичности сортов томата. Селекция овощных культур. М, 1989. – С. 10–27.
10. *Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами* / Под общей ред. В.М. Лукомец. – Краснодар, 2007. – 113 с.
11. *Пустовойт В.С.* Избранные труды. М., 1966.
12. *Хаптыров И.Б., Бандюк С.А.* Влияние условий выращивания на продуктивность гибридов подсолнечника. Материалы XVIII Междунар. науч. конф. «Ломоносов-2011». – М.: МГУ, 2011. – С. 330.
13. *Eberhart S.A. and Russell W.A.* Stability parameters for comparing varieties / Crop Science. – 1966 – Vol. 6. – № 1. – P. 36–40.

Работа рекомендована доктором с.-х. наук, профессором В.И. Клюка

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА СЕРЫХ ПОЧВ

Д.Е. Черномаз, А.Г. Рюмин, О.В. Романов

Санкт-Петербургский государственный университет, ryumin@bio.spbu.ru

Приведены результаты определения гранулометрического состава образцов серых почв участка «Лес на Ворскле» заповедника «Белогорье» (Белгородская область) методом лазерной дифрактометрии. Проведено сравнение результатов, полученных методом лазерной дифрактометрии и седиментометрическим методом. Изучены различные способы пробоподготовки и внесения исследуемого образца в кювету анализатора.

ВВЕДЕНИЕ

Для определения гранулометрического состава почв уже более 100 лет применяют приемы, основанные на разделении частиц по размерам при их седиментации. Эти методы хорошо разработаны и широко используются. Вместе с тем за последние 10–15 лет интенсивно развивается метод лазерной дифрактометрии. В зависимости от модели прибора проба может быть подвергнута измерению даже в сухом состоянии. Это открывает новые возможности для получения дополнительных сведений о состоянии твердой фазы почвы и степени ее дисперсности. Важными особенностями изучения гранулометрического состава с помощью метода лазерной дифрактометрии являются высокая скорость работы и возможность выбирать произвольные диапазоны отображения результатов для исследуемого образца.

Однако методическая база адаптации почвенных проб для определения гранулометрического состава на приборах данного типа все еще остается недоработанной, и общепринятой методики пробоподготовки и дальнейшего хода анализа до сих пор нет. Исследования данного вопроса, проводимые ранее Московским и Томским государственными университетами, были выполнены только на черноземах и по мнению самих авторов требуют дальнейшего изучения.

Цель работы – оценить возможность применения метода лазерной дифрактометрии для характеристики гранулометрического состава серых почв.

В задачи работы входило:

1. Оценить влияние пробоподготовки и способа отбора аликвоты на результаты измерения гранулометрического состава почв методом лазерной дифрактометрии.
2. Подобрать оптимальные параметры измерений и добиться воспроизводимых результатов измерения размеров частиц в образцах.
3. Сравнить процентные соотношения количества почвенных частиц разных размеров, полученные с помощью седиментометрического метода и метода лазерной дифрактометрии, выполненных на идентичных образцах.
4. Выявить причины возможных расхождений между данными, полученными методами седиментации и дифрактометрии.
5. Оценить возможность применения данных методов в дальнейшей практике определения гранулометрического анализа почв и грунтов.

Начало активного изучения сфер возможного применения лазерной дифрактометрии в определении соотношения размеров частиц различных материалов прослеживается с 80-х годов прошлого века главным образом в статьях зарубежных авторов. Российские исследования в данной области развиваются в последние 10–15 лет. Использование дан-

ного метода может решать сложные задачи в разных областях науки: от медицины (оптическая медицинская биодиагностика) до контроля технологических процессов и качества продуктов в алюминиевой и пищевой промышленности, порошковой металлургии, производстве керамики, абразивных материалов и цементов.

Суть определения размера частиц на лазерном дифрактометре состоит в том, что частицы определенного размера рассеивают свет под определенным углом дифракции, который обратно пропорционален размеру частиц, а интенсивность этого дифрагированного пучка для определенного угла является мерой числа частиц с конкретной площадью поперечного сечения, которые лежат на пути лазерного луча [5]. При этом лазерный анализатор размера частиц «видит» частицы как двумерный объект и рассчитывает размеры в зависимости от поперечного сечения частицы.

В публикации Г.Н.Федотова, Е.В. Шеина с соавт. [4] с помощью оптико-микроскопических, электронно-микроскопических и флуоресцентных исследований было показано, что определение истинного гранулометрического состава почв седиментационным методом осложнено наличием оболочки из органо-минеральных коллоидных структур на микрочастицах, связыванием микрочастиц органо-минеральными коллоидными структурами между собой в агрегаты при значительном уменьшении средней плотности образующихся частиц. В результате при проведении анализа появляются псевдофракции, частицы которых имеют значительно больший размер, но оседают с той же скоростью, что и более мелкие частицы со средней плотностью твердой фазы.

Статья [2] (Кулижский С.П., Коронатова Н.Г., и др.) говорит о том, что определение размера и количества элементарных почвенных частиц затруднено в связи с накладываемыми ограничениями применяемых методов, а также осложняется наличием органического вещества. В целом проведенное сравнение результатов определения гранулометрического состава почв естественных и техногенных ландшафтов данными методами позволяет сделать следующие выводы:

- определение содержания фракций гранулометрического состава с использованием лазерного анализатора частиц SALD-201V показало высокую сходимость результатов для крупной, средней и мелкой пыли, а в отношении мелкого песка и ила установленная повышенная вариабельность в связи с техническими ограничениями возможностей прибора, что следует учитывать при дальнейшей работе.

- сравнительный анализ двух методов показывает, что при использовании лазерной дифрактометрии происходит завышение расчетных размеров частиц, имеющих плоскую форму, из-за усреднения их диаметра, а при седиментометрии – уменьшение определяемых размеров в связи с неверной оценкой плоскости. При этом авторы отмечают, что оба метода дают аналогичные результаты при исследовании содержания интегральной фракции физической глины.

В статье С. Di Stefano и др. [5] достаточно подробно описана пробоподготовка и проведено исследование влияния длительности ультразвуковой обработки, предварительной обработки образца перекисью водорода (30%) и применимость теории дифрактометрии к почвенным образцам. Авторы отмечают, что ситовой и ареометрический методы определения гранулометрического состава по сравнению с методом лазерной дифракции дают различные результаты. Так, данные лазерной дифрактометрии по содержанию фракции песка согласуются с результатами седиментометрического определения, в то время как содержание глинистых фракций получается заниженным. На результаты анализа также влияет органическое вещество, которое может поглощать световые лучи. Эту проблему можно обойти, если знать индекс рефракции (RI) для определяемого вещества. Индекс рефракции является комплексным числом, в котором вещественная часть указывает на изменение скорости света в исследуемом образце по сравнению со скоростью света в вакууме, а вещественная часть отвечает за прозрачность образца и абсорбцию им света. Поскольку почва является полиминеральным объектом и содержит частицы самых разных размеров найти такой индекс представляется затруднительным.

По данным этих же авторов обработка образцов ультразвуком может быть полезна для предотвращения слипания глинистых частиц, но при этом могут быть повреждены крупные зерна кварца. После ультразвуковой обработки несколько возросло содержание глинистых частиц, причем время обработки (1, 2 и 3 мин.) не имело существенного значения. Отсутствие обработки перекисью водорода дает небольшую недооценку в содержании тонких частиц.

В статье L. Beuselinck, G. Govers, J. Poesen, G. Degraer, L. Froyen [6] авторы получили лучшую воспроизводимость результатов при оценке гранулометрического состава с использованием лазерного дифрактометра для всех фракций за исключением фракции песка. Также как и в других работах авторы этой статьи отмечают недооценивание глинистой фракции почвенных образцов, правда для измельченного кварца отмечена даже некоторая переоценка тонких фракций. Таким образом, авторы подчеркивают влияние морфологии частиц на результаты распределения размеров частиц при работе на лазерном дифрактометре.

Авторы подчеркивают плюсы использования лазерной дифрактометрии для оценки гранулометрического состава почв, такие как быстрота анализа и воспроизводимость результатов, единственный анализ для получения широкого диапазона распределений размера частиц, небольшое количество образца, необходимое для анализа, детальная информация по распределению фракций (большое число возможных классов), получение результатов сразу в цифровой форме для дальнейшей обработки.

В тоже время для сравнения результатов, полученных разными методами, необходимо установить калибровочные зависимости для разных типов почв. Но такие зависимости просто устанавливаются только для некоторых фракций.

В статье Kenneth Pye, Simon J. Blott [7] авторы показали, что использование лазерной дифрактометрии дает результаты с высокой точностью. При этом вариабельность результатов в первую очередь зависит от сортированности исходного образца, и лучшие результаты получаются для изначально хорошо сортированных осадков и искусственных гранулированных материалов. Помимо изучения почв этот метод может быть применен для оценки различных осадков, пыли, промышленных выбросов и т.п. Метод лазерной дифрактометрии может дополнять результаты химического, минералогического и микроскопические исследования для судебной экспертизы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны типичные почвы плакорных и квазиплакорных участков лесостепной зоны – серые почвы. Были заложены 3 разреза (в окрестностях пос. Борисовка Белгородской области), из которых отобрано 17 образцов для анализа.

Определение гранулометрического состава седиментометрическим методом производили по учебному пособию О.Г. Растворовой [3]. Воздушно сухую навеску почвы массой 5 г диспергировали раствором пирофосфата натрия (4 %) и растирали резиновым пестиком, после чего отделяли на сите фракцию крупнее 0.25 мм. Образец после просеивания диспергировали в цилиндре, доведя объем суспензии дистиллированной водой до 1 л в мерном цилиндре, откуда отбирали фракции определенного размера через время и с глубины, указанной в учебном пособии с учетом плотности твердой фазы и температуры окружающего воздуха. Содержание частиц определяли термостатно-весовым методом, выпаривая пробы и доводя их до постоянного веса в фарфоровых чашках.

Одновременно с определением гранулометрического состава аналогичным образом определяли микроагрегатный состав (с той разницей, что образцы предварительно не обрабатывали пирофосфатом натрия и не подвергали растиранию резиновым пестиком; обработка почвы ограничилась встряхиванием суспензии на ротаторе в течение 1 часа).

Особый интерес для данной работы представляет изучение гранулометрического и микроагрегатного состава методом лазерной дифрактометрии.

При выполнении данной работы использовался универсальный лазерный дифракционный анализатор размера частиц SALD-2201 фирмы Shimadzu (Япония) с емкостной кюветой. С его помощью возможно определение содержания частиц размером от 1000 до 0.030 мкм.

Скорость работы перемешивающего плунжера устанавливали на максимально возможное значение для прибора, чтобы не дать осесть самым крупным частицам пробы. Перед каждым определением производилось холостое измерение (blank measurement). Содержание частиц в каждой внесенной пробе измеряли 1 раз (расчет на основе усреднения из 64 внутренних отсчетов прибора). При этом определение для всех образцов производилось не менее 3-х раз с обязательной промывкой кюветы и контролем ее чистоты перед каждым измерением.

Были испробованы три метода пробоподготовки и внесения образца в рабочую кювету: 1. сухой образец; 2. внесение образца из предварительно подготовленной на пирофосфате натрия пасты; 3. внесение аликвоты из предварительно подготовленной водной суспензии диспергированного пирофосфатом натрия образца.

Вне зависимости от способа пробоподготовки, количество вносимого образца в рабочую кювету прибора подбирали так, чтобы абсорбция светового потока лазерного луча лежала в диапазоне 0.130–0.160. При низких значениях абсорбции малое количество частиц может оказаться недостаточно репрезентативным для пробы, что особенно отражается на измерении содержания редко встречающихся частиц. Высокое значение абсорбции приводит к абсолютному снижению уровня сигнала светочувствительных элементов, засветке боковых датчиков прибора и, в свою очередь, снижению точности результатов измерений.

Расчет содержания частиц проводился по объему, что с допущением одинаковой удельной плотности частиц вне зависимости от их размера, позволяет предполагать тождественность этих значений массе фракций, и сравнивать результаты с седиментометрическим методом. Программное обеспечение прибора позволяет разбить весь рабочий диапазон размера частиц на 101 градацию с равным шагом, либо выбрать произвольные диапазоны. Для сравнения с результатами определения содержания частиц седиментационным методом нами были выбраны следующие диапазоны расчета результатов: 1–0.25, 0.25–0.1, 0.1–0.05, 0.05–0.001, 0.001–0.0003 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение размера частиц на лазерном дифрактометре производили не менее чем в 3-х кратной повторности. Такой подход помог оценить влияние способа отбора пробы перед внесением в рабочую кювету на результаты определения. Предпочтительнее тот способ отбора пробы, при котором наблюдается наименьший разброс значений между определениями для одного образца.

Внесение сухих проб в кювету лазерного дифрактометра позволяет быстро оценить распределение частиц, но из-за отсутствия диспергирования пробы несет существенные погрешности в измерении, к тому же, эти результаты нельзя сравнивать с общепринятым измерением седиментометрическим методом

Внесение пасты было предложено для повышения однородности образца и сохранения соотношения вносимых частиц разных фракций. Анализ результатов опытов позволил сделать вывод, что отбор пробы из пасты должен быть насколько малым, что на распределение частиц начинают влиять поверхностные эффекты на границе раздела фаз паста – воздух – материал пипетки. К тому же оказывается невозможным каждый раз отбирать одинаковое количество образца, абсорбция лазерного луча получается разной, часто полученную суспензию приходится разбавлять, что негативно сказывается на результатах. Таким образом, возрастает разброс между показателями, что говорит о низкой точности определения при таком подходе.

Наиболее адекватным оказался способ внесения пробы из суспензии, где пробоподготовка производится так же, как в случае с определением размера частиц седиментометрическим методом. К достоинствам данного подхода можно отнести большую аликвоту для внесения в кювету, минимальное влияние эффектов на границе раздела фаз, отсутствие крупных (более 0.25 мм частиц), возможность использования суспензии для дальнейшей работы седиментометрическим методом. К недостаткам способа относится необходимость поддержания суспензии во взмученном состоянии и необходимость очень быстрого отбора аликвоты.

Экспериментально установлено, что оптимальным является приготовление суспензии объемом 600–800 мл для 5 г исходного образца, а объем отбираемой аликвоты порядка 0.5 мл в зависимости от типа образца. Так для верхних горизонтов (AY, AEL) объем аликвоты составил 0.5 мл, для нижних – 0.4 мл.

Обработка образцов с использованием ультразвука показала его малую эффективность, – различие в распределении частиц между обработанными таким образом пробами и только диспергированными пирофосфатом натрия не превышало погрешности измерения.

Для методов лазерной дифрактометрии и седиментационного метода отмечены существенные различия в содержании разных гранулометрических фракций (рис. 1). Так по результатам лазерной дифрактометрии содержание фракции мелкой пыли (0.005–0.001 мм) завышено в 1.3–4.2 раза (по профилю), фракция крупной пыли (0.05–0.01 мм) завышена в меньшей степени – в 1.07–1.73 раза. При этом значения средней пыли занижено в 1.10–1.85 раза. Фракция мелкого песка (0.25–0.05 мм) завышена в 1.57–4.18 раза. Самое значительное расхождение наблюдается по содержанию фракции ила (размер частиц менее 0.001 мм) в горизонтах разреза № 1 – занижение в 8.87–11.2 раз. Но содержание фракции физической глины (частицы размером менее 0.01 мм) занижено уже только в 1.76–2.8 раз: уравнивание идет за счет фракции мелкой пыли (рис. 5).

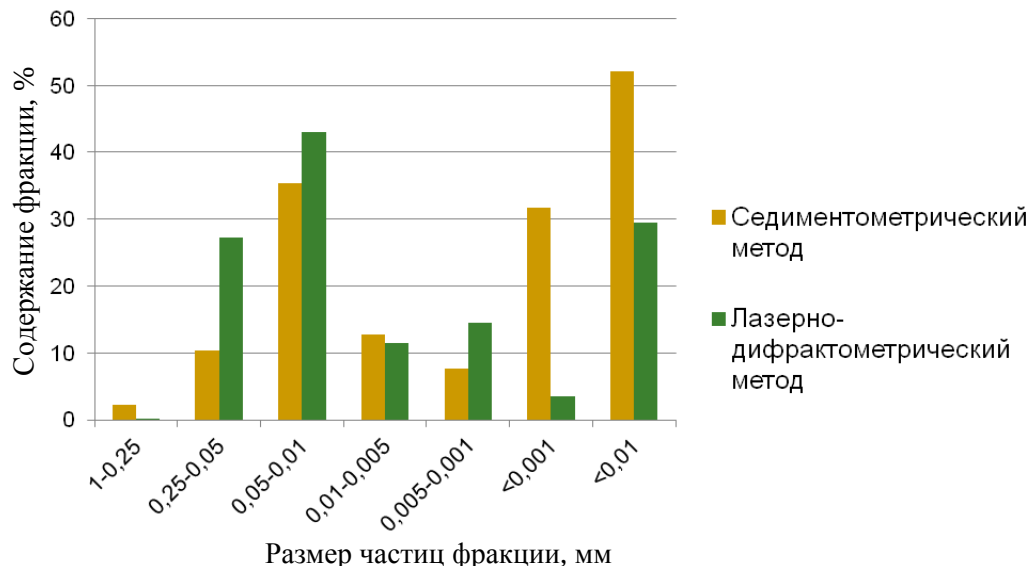


Рисунок 1. Сравнительная характеристика данных гранулометрического состава горизонта АУе (разрез № 1), полученных двумя разными методами.

Исходя из рассчитанных фракций, почве разреза № 1 дали названия по гранулометрическому составу в классификации Н.А. Качинского:

1. глина легкая (50–65%) илисто-крупнопылеватая (седиментометрический метод);
2. суглинок средний (30–40%) мелкопесчанно-крупнопылеватый (лазерно-дифрактометрический метод).

Ранее было показано, что основной причиной, которая приводит к разным результатам, является разный принцип методов [6]. При этом могут сильно различаться оптиче-

ский диаметр частиц и эквивалентный сферический диаметр, варьирует плотность частиц разного размера, в том числе из-за присутствия органических веществ. Для почв большое значение имеет геометрия частиц. Так раздробленный кварц часто угловатый, образует удлинённые и даже «пластинчатые» частицы. Минералы групп иллита и смектита часто представлены в почвах и грунтах пластинчатыми частицами, для которых средний оптический диаметр много больше, чем эквивалентный сферический. Показано, что в гранулометрический состав фракции менее 2 мкм, отобранной в седиментометрическом методе (sieve-pipette method) большой вклад вносят частицы размером от 2 до 63 мкм.

При анализе на лазерном дифрактометре «суточной фракции», отобранной в седиментометрическом анализе, было показано, что данная проба содержит частицы размером больше 1 мкм, хотя по правилу Стокса [1] должна включать в себя только илистую фракцию (рис. 2).

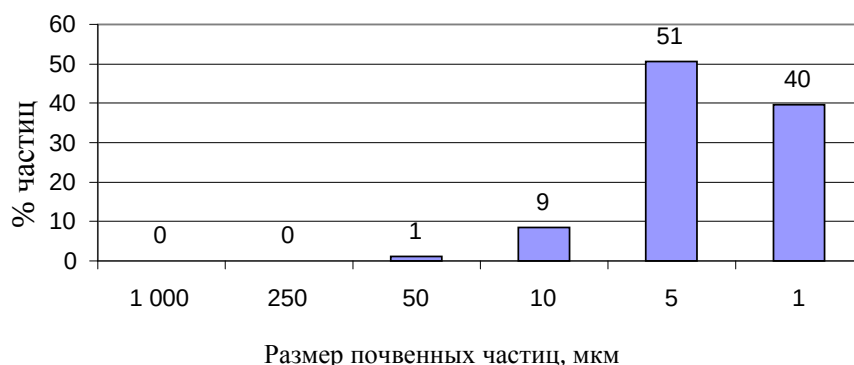


Рисунок 2. Распределение частиц по размеру в «суточной» фракции горизонта АУ (разрез № 2).

На основе анализа результатов, представленных на графике, можно сделать вывод, что содержание фракции мелкой пыли (5–1 мкм) даже превалирует над илистой – 51 и 40 % соответственно, а, значит, не может не вносить значительную погрешность при термостатно-весовом способе учета фракций, который используют в седиментометрическом методе.

В результате выполнения микроагрегатного анализа почвы разреза № 1 методами седиментометрии и лазерной дифрактометрии были выявлены следующие закономерности распределения частиц (рис. 3а, б).

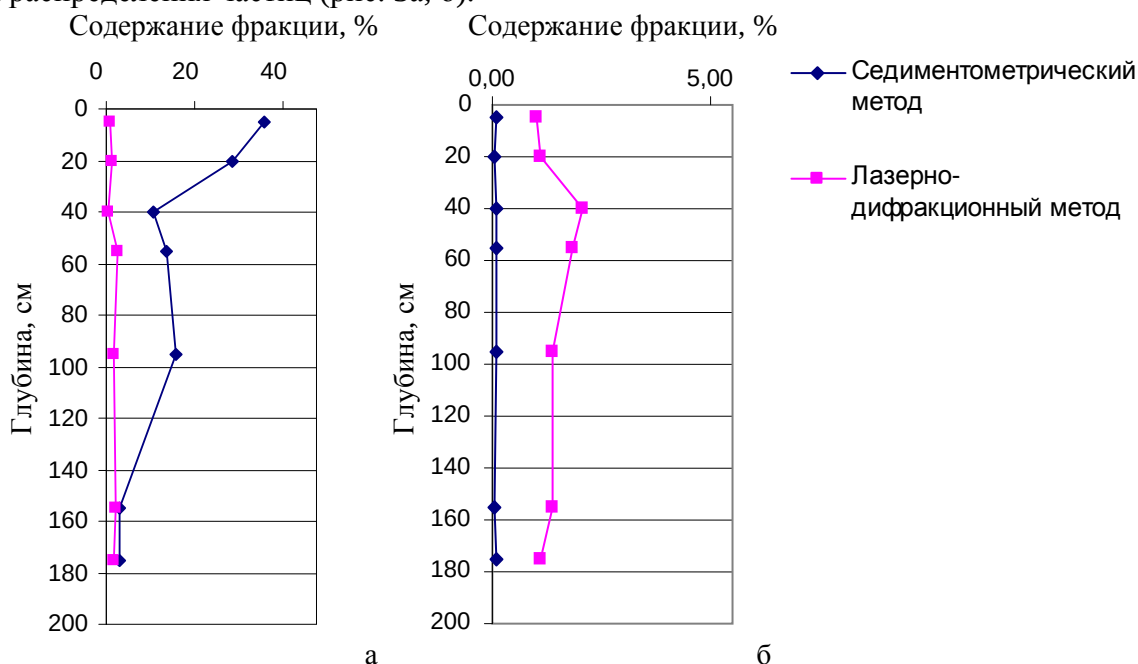


Рисунок 3. Содержание частиц размером от 1 до 0.25 мм (а) и менее 0.001 мм (б) в микроагрегатном анализе (разрез №1).

ВЫВОДЫ

1. Показано, что наилучшим способом пробоподготовки является приготовление суспензии в соотношении почва вода 1:120–1:160 с предварительным диспергированием образца пирофосфатом натрия и аликвотой, вносимой в кювету прибора, объемом порядка 0.5 мл.
2. Возможно применение метода лазерной дифрактометрии для определения гранулометрического состава почв и грунтов: метод позволяет получить воспроизводимые результаты в пределах одного образца (при этом достаточно однократного измерения с внутренним усреднением из 64 отсчетов).
3. Сравнение результатов гранулометрического анализа методом лазерной дифрактометрии и седиментометрическим методом показал существенную разницу в получаемых результатах (особенно, по содержанию илистой фракции).
4. Различие в результатах, полученных седиментометрическим и лазерно-дифрактометрическим методами, можно объяснить разной плотностью частиц, разной формой поверхности частиц, агрегированностью частиц, характером неоднородности поверхности частиц. Это подтверждается обнаруженными методом лазерной дифрактометрии крупными и легкими частицами в «суточной фракции» седиментометрического метода.
5. Возможности определения гранулометрического состава почв и грунтов с помощью метода лазерной дифрактометрии требуют дальнейшего изучения, в том числе на разных типах почв и на почвенных образцах с разными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Качинский Н.А.* Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М: Изд-во АН СССР, 1958 г. 192 с.
2. *Кулижский С.П., Коронатова Н.Г., Артымук С.Ю и др.* Сравнение методов седиментометрии и лазерной дифрактометрии при определении гранулометрического состава почв естественных и техногенных ландшафтов. Изд-во Вестник Томского государственного университета. Биология. №4 (12) 2010 г.
3. *Растворова О.Г.* Физика почв (практическое руководство). Л.: изд-во Ленингр. ун-та, 1983. – 196 с.
4. *Федотов Г.Н., Шеин Е.В., Путляев В.И. и др.* Физико-химические основы различий седиментометрического и лазерно-дифракционного методов определения гранулометрического состава почв. Почвоведение, 2007, №3, с. 310–317.
5. *C. Di Stefano, V. Ferro, S. Mirabile.* Comparison between grain-size analyses using laser diffraction and sedimentation methods biosystems engineering 106 (2010) 205-215.
6. *L. Beuselinck, G. Govers, J. Poesen, G. Degraer, L. Froyen.* Grain-size analysis by laser diffractometry: comparison with the sieve-pipette method. Catena 32 _1998. 193–208.
7. *Kenneth Pye, Simon J. Blott.* Particle size analysis of sediments, soils and related particulate materials for forensic purposes using laser granulometry. Forensic Science International 144 (2004) 19–27.

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АГРОЧЕРНОЗЕМА ГЛИНИСТО-ИЛЛЮВИРОВАННОГО В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

М.С. Чецкая

Санкт-Петербургский Государственный Университет

В статье приведены результаты исследования главных агропроизводственных свойств агрочернозема, показаны тенденции изменения основных характеристик почвы. Уникальность данной работы заключается в том, что исследования проводились на почвенных образцах 1928 года и 2009 года, взятых с одной и той же пашни.

ВВЕДЕНИЕ

Черноземные почвы, характерные для лесостепей и степей, занимают важное место в почвенных и агрохимических исследованиях, так как именно на этих почвах выращивается основная доля сельскохозяйственной продукции. В процессе длительного сельскохозяйственного использования естественные почвы приобретают свойства и морфологический облик агропочв. При нерациональном использовании, несвоевременном мониторинге и контроле за агропроизводственными характеристиками, агропочвы лесостепей и степей становятся уязвимыми для развития деградационных процессов. Это ведет не только к серьезным экологическим проблемам, но и к значительному экономическому ущербу. В связи с этой проблемой целью исследования стала оценка изменения базовых свойств почвы, произошедших в ней за 81 год. Для реализации данной цели поставлены следующие задачи: изучение материалов Башкирской экспедиции 1928 г. и экспедиции, организованной ЦМП им. В.В. Докучаева в 2009 г., для наиболее полного представления о проблеме исследования; проведение морфологического описания почвенного монолита, отобранного М.И. Рожанцем в 1928 г., и образцов 2009 г. и изучение химических, физико-химических и физических параметров почв для оценки изменений природных свойств почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования была выбрана пашня, используемая для посевов зерновых. Данное поле расположено в окрестностях села Ермолаевка (Аургазинский район, республика Башкортостан) в 90 км к юго-востоку от Уфы (координаты: с.ш. 53°54'41", в.д 56°3'16.00"). С точки зрения почвенно-экологического мониторинга этот объект является уникальным, так как в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева (ЦМП) хранится почвенный монолит, отобранный в 1928 году в ходе Башкирской экспедиции, и почвенные образцы, отобранные в 2009 году. На основании сравнения базовых свойств почвы можно проследить за изменением состояния почвы, дать оценку этим изменениям, прогнозировать и выработать рекомендации о предупреждении и устранении негативных процессов.

Как отмечалось выше, одним из объектов изучения является почвенный монолит, отобранный Рожанцем в результате Башкирской экспедиции. Руководитель Башкирской экспедиции Академии наук СССР Сергей Иванович Руденко, с 1928 года занимался комплексными исследованиями производительных сил и населения республики. Башкирская экспедиция, состоявшая из 17 специализированных отрядов и начавшая свою деятельность уже весной 1928 года, была одной из наиболее комплексных в составе ОКИСАР Академии наук СССР. Целью экспедиции стало проведение всесторонних исследований природных ресурсов республики и народного хозяйства. В работе экспедиции приняло участие около 100 различных учреждений, более сотни научных сотрудников и вспомога-

тельного персонала. Работой специализированных отрядов руководили известные ученые, среди которых были геолог М.Э. Ноинский, геоботаники Н.В. Новопокровский, И.М. Крашенинников и почвовед М.Н. Рожанец, зоологи В.П. Еленевский и С.М. Снигиревский, географ и картограф Ю.М. Шокальский, языковед-тюрколог Н.К. Дмитриев, археолог А.В. Шмидт. В частности, Михаилом Ивановичем Рожанцем был отобран почвенный монолит – призма ненарушенного строения на изучаемой в настоящее время пашне. Результаты работ экспедиции АН СССР были переданы Башкирскому комплексному научно-исследовательскому институту, организованному Совнаркомом республики еще в марте 1930 года для продолжения начатых экспедицией исследований практического характера в области промышленности, сельского хозяйства, здравоохранения и культурной жизни республики.

В 2009 году ГНУ ЦМП им. В.В. Докучаева специально организовал экспедицию в окрестности села Ермолаевка. Было определено точное местоположение почвенного разреза, заложенного в 1928 году, и отобраны почвенные образцы современного почвенного профиля через каждые 10 см до 100 см.

Для определения агропроизводственных свойств почвы и оценки изменений, произошедших в почве в процессе сельскохозяйственного использования были выбраны следующие методы:

- определение органического углерода методом мокрого сжигания серно-хромовой смесью по Тюрину.
- определения подвижных форм фосфора методом Кирсанова
- определения подвижных и обменных форм калия пламенно-фотометрическим методом
- определение гигроскопической влажности термостатно-весовым методом
- определение плотности твердой фазы почв пикнометрическим методом
- определения гранулометрического состава пипет-методом с диспергацией почвы 4 % раствором пиррофосфата натрия
- измерение показателей водородного потенциала (потенциометрический метод)
- определение емкости поглощения почвы методом, основанном на вытеснении обменных катионов почвы ионом бария
- определение обменных ионов кальция и магния путем вытеснения их из почвы раствором хлорида натрия
- определение гидролитической кислотности по Каппену

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первым этапом в изучении почв стало исследование морфологических параметров почвы по отобраным образцам. В ходе исследований выявлено, что мощность и окраска прогумусированной части почвы 1928 и 2009 года существенно не отличается (Р+АВ 50 см и 60 см соответственно). Увеличение мощности связано с антропогенной деятельностью (распашкой). В почве 2009 года вплоть до глубины 60 см обнаружены остатки мелких кирпичей, в верхнем горизонте обнаружены включения древесного угля, что также является следствием антропогенной нагрузки. При исследовании монолита 1928 года подобного замечено не было. В целом окраска профилей в верхней части имеет темно-серую, во влажном состоянии черную окраску, в нижней части профилей окраска имеет буроватый оттенок. В соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» (2004) почва названа как агрочернозем глинисто-иллювиальный среднесуглинистый на карбонатной делювиальной глине. Авторское название: Чернозем типичный пылевато-глинистый/чернозем глинистый мощный. Почвообразующая порода – желтовато-бурая карбонатная делювиальная глина (М.И. Рожанец).

Для сравнения и оценки изменений базовых свойств почвы проведено исследование химических, физико-химических, физических параметров почв 1928 и 2009 года (табл. 1).

В ходе изучения органического вещества почвы выяснилось, что в Р-горизонте почвы как 1928, так и 2009 года содержится большое количество гумуса (11.2 % и 9.4 % соответственно). Такое содержание не характерно для лесостепных почв Башкирии. Обычно содержание гумуса в Р-горизонте равно 6.6 % [Карманов, 1989]. Однако в исследованиях башкирских почв в начале и середине XX века отмечалось, что содержание гумуса в выщелоченных черноземах около 12–13 % [Богомолов, 1954; Рожанец, 1934]. Высокое содержание гумуса говорит о том, что гумификация преобладает над минерализацией. В нижней части профиля гумификация заметно ослабевает. По характеру содержание гумуса в верхней части профиля в почве 1928 года, можно предположить о том, что почвы вспахивались ежегодно на 20 см, и иногда на большую глубину. Об этом свидетельствует скачок гумуса с 12 % до 10 % в первых 40 см. В последнее время почву пахут ежегодно.

Данные потенциометрического измерения показателя водородного потенциала демонстрируют несущественные различия рН в первых 50 см профиля. Это говорит о однородности кислотности в пахотном горизонте, связанной со вспашкой. Различия в рН нижних горизонтов весьма существенны. Горизонт VI агрочернозема 1928 года имеет более нейтральную, ближе к щелочной, реакцию в связи с близостью к карбонатной породе. Горизонт VI агрочернозема 2009 года имеет более кислую реакцию в связи с предположительным внесением калийных и фосфорных удобрений, которые являются гидролитически кислыми. Ближе к породе рН становится более нейтральной.

В ходе анализа гранулометрического состава установлено, что распределение глинистых частиц в профилях соответствует распределению глины в глинисто-иллювирированных черноземах, развивающихся на глинах. В верхних горизонтах почва среднесуглинистого состава, в нижних глинистого. В VI-горизонтах содержание физической глины максимальное (коэф. дифференциации по илу 1.1). Об этом морфологически свидетельствует накопление тонкодисперсных фракции в нижележащих иллювиальных горизонтах, в следствие этого образование глинисто-гумусовых кутан. Такая ситуация связана с достаточным увлажнением в зоне лесостепи (K_u около 1) характерна для глинисто-иллювирированных почв.

Исследование емкости катионного обмена подтвердило, что поглощательная способность почвы тесно коррелирует с содержанием физической глины: увеличение катионообменной способности прямо пропорционально содержанию глинистых фракций. В иллювиальных горизонтах ЕКО более высокая по сравнению с нижележащими. Это объясняется большой удельной поверхностью глинистых частиц. Данные о ЕКО пахотных выщелоченных черноземах Башкирии схожи с полученными ранее результатами [Богомолов, 1954]

Содержание обменных оснований взаимосвязано с ЕКО. Наблюдается тенденция уменьшения содержания обменных кальция и магний от верхних к нижним горизонтам. В верхнем пахотном горизонте Р обменные основания занимают большой процент от ЕКО (90 %), а в нижнем ВС-горизонте их содержание около 60 % от общей поглощательной способности. Это связано с наличием в почвенно-поглощающем комплексе других катионов (K^+ , P^+ , H^+).

Данные гидролитической кислотности подтверждают, что в состав почвенно-поглощающего комплекса кроме кальция и магний входит и водород, причем в верхних горизонтах почв водород составляет 10 % от ЕКО, а в нижних его доля уменьшается. Кроме того, график показывает, что содержание обменного водорода в почве 2009 года выше, чем в почве 1928 года. Это свидетельствует о том, что есть в почве подкисление нижележащего горизонта VI в черноземе 2009 года (данные об актуальной кислотности это подтверждают).

Изучение агрохимических параметров дало представление о содержании подвижных форм фосфора и калия. Содержание фосфора резко уменьшается с глубиной с 500 мг/кг на 10 см до 180 мг/кг на 30 см. Это говорит об изъятии фосфатов из почвы

растениями. Содержание калия по профилю убывает равномерно с 800 мг/кг на 10 см до 650 мг/кг на 90 см. В нижнем горизонте калия содержится больше по сравнению с фосфором. Можно сделать вывод, что большую долю в ЕКО занимают обменные формы калия. Кроме того, следует отметить что содержание элементов питания со временем не уменьшилось, а наоборот увеличилось.

Таблица 1. Результаты анализов.

Глубина, см	Горизонт	Гумус, %	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Физич. глина, %	ЕКО	ГК	Ca+Mg
						мг-экв/100 г		
Агрочернозем, 1928 год								
0–5	Р	12.31	5.72	5.31	45	65.92	7.15	68.43
5–10		11.5	5.8	5.27	48	65.09	4.33	68.53
10–20		12.38	5.86	5.31	46	65.92	4.34	62.73
20–30		9.35	5.9	5.25	49	68.45	5.21	52.43
30–40		10.05	5.94	5.21	54	70.15	4.12	44.32
40–50	AB	10.42	5.93	5.2	55	84.54	5.06	42.42
50–60	BI	4.72	6.02	5.2	70	89.01	4.34	38.42
60–70		4.64	6.25	5.22	70	93.87	3.25	35.23
70–80		3.07	6.69	5.72	71	97.56	2.17	33.34
80–90		1.63	7.7	–	71	99.36	3.18	34.41
90–100	BCca	1.44	7.85	–	68	100.42	1.21	38.4
Агрочернозем, 2009 год								
0–5	Р	9.59	5.93	5.53	42	61.27	7.66	59.43
5–10		9.98	6.09	5.45	44	60.27	7.23	57.53
10–20		10.2	6	5.3	44	58.27	5.78	56.73
20–30		8.89	6.1	5.36	46	61.92	5.64	46.43
30–40		8.4	6.16	5.46	50	67.92	6.51	40.32
40–50	AB	4.14	6.27	5.41	58	69.43	6.19	38.42
50–60		3.01	6.33	5.19	62	81.56	6.19	34.42
60–70	BI	2.05	5.6	4.45	65	89.75	5.43	31.23
70–80		1.78	5.26	4.11	67	95	4.77	30.34
80–90		1.36	5.53	4.24	69	98.42	5.42	34.4
90–100	BCca	не опр.	6.39	5.31	67	не опр.	не опр.	37.2

ВЫВОДЫ

Таким образом, в ходе исследования проведено морфологическое описание почвенных профилей, установлено их классификационное положение: тип чернозем глинисто-иллювирированный. Установлено влияние распашки на изменение мощности гумусового горизонта, обнаружены включения, подтверждающие активную антропогенную нагрузку на пашню. Изучены химические, физические, физико-химические свойства почвы. Установлено, что в современной почве, несмотря на распашку, незначительно снизилось содержание гумуса. Подобная ситуация в целом не характерна для пахотных почв, обычно содержание гумуса в агрочерноземах находится на уровне 5–4 %. В исследованиях потенциальной и актуальной кислотности выяснилось, что современная почва имеет более кислую среду, предположительно связанную с внесением минеральных удобрений (более высокое содержание подвижного калия и фосфора в почве 1928 года это подтверждает). Данные гранулометрического анализа уточнили классификационное положение на уровне разновидности; сделан вывод, что распределение физической глины по профилю характерно для этого типа черноземов.

Оценивая изменения, произошедшие в почве можно прийти к выводу, что почва за 81 год распашки не утратила свой плодородный потенциал. Агропроизводственные

свойства изменились несущественно. Ежегодный урожай, получаемый с этой пашни 40 ц/га зерновых.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаврилюк Ф.Я.* Бонитировка почв. М., 1974.
2. *Богомолов Д.В.* Почвы Башкирской АССР. М., 1954.
3. *Черноземы СССР*. Том I. изд. Почвенного института им. В.В. Докучаева. М., 1974.
4. *Шишов Л.Л., Карманов И.И., Дурманов Д.Н., Ефремов В.В.* Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. М., 1991.

Работа рекомендована к.б.н. Е.Ю. Сухачевой.

УДК 631.48

ВЛИЯНИЕ РОЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАЛОГО СУСЛИКА НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ПОЛУПУСТЫНЕ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Н.П. Шабанова

Институт лесоведения РАН, Московская обл., с. Успенское, shabanova_nata@mail.ru

Изучена начальная стадия формирования комплексного почвенного покрова Прикаспийской низменности. Полученные материалы позволили выявить особенности морфологических и химических свойств почв террас сора Хаки и оценить роль роющих животных в формировании микрорельефа и комплексного почвенного покрова наиболее молодых территорий Прикаспийской низменности

ВВЕДЕНИЕ

Между почвой и населяющими ее сообществами живых организмов существует теснейшая связь и взаимозависимость. Деятельность животных является важным и во многом необходимым условием формирования современных почв. Наиболее важное значение для преобразования почвенного покрова имеет именно роющая деятельность животных, которая распространена почти повсеместно. Максимально ее разнообразие в степях и пустынях, где рытье нор служит для большинства животных единственным способом укрытия от врагов и неблагоприятных климатических воздействий. Наиболее массовым средообразующим видом полупустыни является малый суслик, роющая деятельность которого является одним из основных факторов, обуславливающим формирование специфического микрорельефа и комплексность почвенно-растительного покровов. Ранние стадии этого процесса мы можем проследить на территориях относительно недавно вступивших в фазу континентального развития. Актуальность данных исследований определяется необходимостью подробного изучения масштабов роющей деятельности животных-средообразователей, степени участия их в формировании микрорельефа, почвенного покрова и эффективности воздействия этого фактора на ранних этапах континентального развития территорий.

Целью данной работы является изучение генезиса целинных почв лугово-полупустынного комплекса на относительно молодых террасах сора Хаки и выявление роли роющих животных в формировании особенностей микрорельефа и почвенного покрова.

Задачами исследований явились: 1) составление карты микрорельефа на типичный участок первой террасы сора Хаки, 2) оценка доли участия микроформ рельефа, связанных с роющей деятельностью животных, 3) характеристика особенностей морфологиче-

ского строения почвенных разрезов, приуроченных к различным элементам микрорельефа, 4) изучение особенностей химического состава, физических свойств и солевого состояния почв основных типов почв.

Почвенный покров террас сора Хаки мало изучен, в литературе представлены единичные данные по химическому составу грунтовых вод, почвообразующих пород и почв [2, 4, 5, 9, 11].

Сор Хаки располагается в пределах Боткульско-Хакской депрессии и представляет собой заключительный этап отмирания озера в условиях пустынного климата [11]. Известно, что Прикаспийская низменность сформировалась в пределах тектонической впадины и неоднократно заполнялась водами морей. На поздних стадиях отступления Позднехвалынского моря депрессия представляла собой залив, оторвавшийся от моря и существующий как солевой усыхающий реликтовый водоем. Дольше всего этот водоем сохранялся в пределах сора Хаки. Снижение уровня Позднехвалынского моря происходило неравномерно и сопровождалось остановками и вторичными трансгрессиями. Выделяется три стадии вторичных трансгрессий и задержек уровня: на абсолютной высоте ± 0 м (около 16300 ± 2100 лет), на высоте -5 , -6 м (около 14600 ± 2100 лет) и на высоте -10 , -12 м (около 12720 ± 400 лет) [12]. Таким образом, участки, ограниченные на местности высотами -10 , -5 и 0 м ниже уровня моря, представляют собой разновозрастные территории с последовательно нарастающей длительностью периода континентального развития.

В сравнении с другими литолого-геоморфологическими районами северной части Прикаспийской низменности Боткульско-Хакская депрессия является самой молодой территорией. Боткульско-Хакская депрессия характеризуется жарким и сухим климатом с теплым летом и умеренно холодной зимой. Среднегодовое количество осадков (175 – 160 мм) во много раз меньше величины испаряемости, достигающей 1000 мм [8]. Грунтовые воды депрессии являются наиболее минерализованными в пределах Северного Прикаспия. От окраины к центру уменьшается глубина их залегания, увеличивается степень их засоленности и нарастает хлоридность [11].

Террасы сора Хаки находятся в переходной полосе между светло-каштановыми и бурыми полупустынными почвами. Обширные пространства здесь заняты в основном луговыми солонцами с небольшой долей светло-каштановых почв. Район сложен хвалынскими шоколадными глинами с супесчаными и песчаными прослоями [2].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Изучение почв лугово-полупустынного комплекса проводилось на типичном участке первой террасы сора Хаки, расположенном на северо-восточной оконечности сора, в 1 км от уреза (широта $48^{\circ}45'09''$, долгота $47^{\circ}20'20''$). Для характеристики участка нами была заложена опытная площадь размером 100×100 м и составлена карта микрорельефа по результатам нивелирной съемки. Площадная съемка проводилась по сетке с шагом 2 м, дополнительные точки брались на вершинах бугорков и на хорошо заметных перегибах. Картографическое изображение микрорельефа было получено с помощью пакета программ Surfer (рис. 1).

На опытной площадке было заложено по три пары разрезов на разных элементах микрорельефа под разной растительностью: 1) на ровных ненарушенных зоогенной деятельностью участках (в дальнейшем такие территории будем называть фоном) под лебедово-сантонийскопопынной растительностью. Это солонец светлый средний солончаковый гидрометаморфический (здесь и далее названия почв даны по Классификации почв 2004 года [10]); 2) на микроповышениях, представляющих собой сусликовины, под сантонийско-лерхопопынной растительностью, развит профиль специфического зоотурбированного солонца.

Возле разрезов бурились скважины до грунтовых вод. Грунтовые воды на заложенной площадке залегают на глубине около 1.7 м и характеризуются хлоридно-натриевым составом и минерализацией 25 г/л.

В послойных образцах, отобранных через 10 см, было проведено определение pH, гумуса и состава водных вытяжек. Определения гипса, карбонатов, обменных оснований в образцах генетических горизонтов были проведены в лаборатории массовых химических анализов Почвенного института им. В.В. Докучаева. Все анализы выполнены по стандартным методикам [3, 5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что суслики начинали заселять территории Прикаспийской низменности практически сразу после ее освобождения от вод моря [6]. Однако на первой террасе сора Хаки неблагоприятные условия (близость грунтовых вод, бедность растительного покрова) до сих пор препятствуют формированию устойчивых постоянных поселений. Возникающие здесь холмики-сусликовины могли быть заброшены на десятилетия, а затем вновь быть заселены, и лишь немногие из них надолго сохранились в рельефе. Поэтому созданные зверьками положительные формы рельефа немногочисленны и имеют небольшой размер и высоту. Суслики обитали здесь еще в 1970-х годах [1], но в годы наших исследований их постоянные поселения отсутствовали, отдельные зверьки появлялись спорадически. До сих пор на некоторых сусликовинах обнаруживаются заброшенные норы и ходы. Свежих следов роющей деятельности на площадке крайне мало, отмечены немногочисленные прикопки и времянки небольшой глубины, свидетельствующие о заходах зверька.

Ключевой участок представляет собой практически абсолютно ровную поверхность со слабым уклоном в сторону уреза сора Хаки. По поверхности участка разбросаны редкие микроповышения (около 5–6 шт. на 100 м²), представляющие собой одиночные сусликовины (рис. 1). Они имеют округлую форму, диаметр их составляет от 1.5 до 2–3 м, высота – 12–22 см. Количество сусликовин постепенно возрастает по мере удаления от уреза сора. По результатам подсчетов микроповышения-сусликовины занимают до 3 % площади участка. Микрозападины на данной территории отсутствуют.

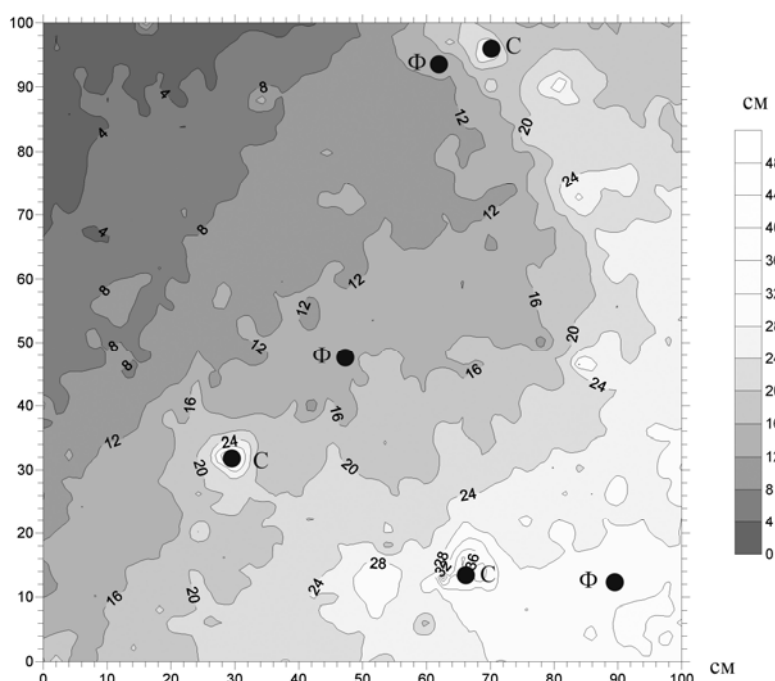


Рисунок 1. Микрорельеф ключевого участка. Высота относительная выражена в см. Сечение через 4 см. Кружками показаны места заложения почвенных разрезов. Ф – фон, С – сусликовины.

Растительный покров первой террасы однороден и крайне беден в видовом отношении, комплексность не характерна для данной территории. Растительный покров разреженный, отдельные куртины чередуются с голыми участками земли; проективное покрытие

тие составляет 30 %. В основном растительность представлена пустынными и солевыносливыми видами: лебедой белой (*Atriplex cana*) и бородавчатой (*A. verrucifera*), кермеком кустарниковым (*Limonium suffruticosum*), полынями Лерха (*Artemisia lerchiana*) и сантонийской (*A. santonica*), солянкой листовенничной (*Salsola laricina*) и мятликом луковичным (*Poa bulbosa*). Ближе к урезу начинают преобладать солеустойчивые виды, такие как анабазис безлистный (*Anabasis aphilla*), сарсазан шишковатый (*Halocnemum strobilaceum*), также в растительном покрове присутствует неравноцветник кровельный (*Anisantha tectorum*).

На микроповышениях видовой состав тот же, что и на остальной ненарушенной роющей деятельностью территории, но в другом видовом соотношении. На относительно старых микроповышениях без каких-либо следов роющей деятельности проективное покрытие составляет 40 %, что несколько выше, чем на фоне. Здесь доминируют полыни Лерха и сантонийская, которые лучше вегетируют и характеризуются более высоким травостоем по сравнению с фоном, что, очевидно, связано с более благоприятными условиями для приживания всходов растений. На периодически посещаемых сусликами бутанах растительность состоит из 1–2 видов. Это, как правило, полынь сантонийская или Лерха и лебеда белая, иногда солянка кустарниковая. Проективное покрытие в центре у входов в норы составляет 20 %, по периферии – 40 %. Наблюдающиеся на микроповышениях-сусликовинах различия в проективном покрытии и видовом соотношении растений связаны с состоянием самих сусликовин и обусловлены, прежде всего, степенью освоенности их зверьками.

Фоновые почвы первой террасы представлены солонцами светлыми средними карбонатными гидрометаморфическими. Для них характерен стандартный набор генетических горизонтов. Глубина вскипания совпадает с нижней границей солонцового горизонта и колеблется от 16 до 30 см. По-видимому, это связано с пространственной вариабельностью мощности надсолонцового горизонта, с которой глубина вскипания коррелирует. Неодинаковая мощность надсолонцового горизонта связана с эоловым наносом частиц с массива Урдинских песков, расположенного недалеко от ключевого участка. В исследуемых почвах отсутствует морфологически выраженный карбонатный горизонт. Солевые выцветы появляются с глубины 30 см.

Почвы сусликовин вследствие сильной перерытости характеризуются нарушением залегания генетических горизонтов и практически их полным разрушением. Материал из солевого горизонта оказывается на поверхности, надсолонцовый сохраняется фрагментарно и заметно уплотняется, солонцовый горизонт выделяется только по цвету, призматическая структура его полностью разрушена, а материал перемешан с подсолонцовой толщей. Весь разрез бурно вскипает от HCL, во всем профиле с поверхности присутствуют морфологически выраженные соли. В таких разрезах отмечаются многочисленные следы роющей деятельности позвоночных и беспозвоночных животных: ходы суслика с несколькими камерами, заполненными рыхлым зернистым материалом, густо переплетенным мелкими корешками, включающим остатки хитина насекомых и подстилки. Обычно такие камеры находились на глубине 50 и 70 см.

Вследствие сильной перерытости почвы сусликовин характеризуются более рыхлым строением и уменьшением величины объемной массы во всем профиле (средняя объемная масса метровой толщи составляет 1.27 г/см³, в фоновых солонцах – 1.56 г/см³). Из-за разрушения плотного солонцового горизонта в почвах сусликовин происходит усреднение величины влажности по всему профилю, исчезает характерный для фоновых почв максимум в подсолонцовых горизонтах. Разрушение солонцового горизонта приводит к промачиванию на большую глубину и в тоже время способствует усилению подтягивания солей из минерализованных грунтовых вод.

Фоновые солонцы характеризуются хлоридно-натриевым засолением, сменяющимся в подсолонцовых горизонтах на сульфатно-кальциевое (рис. 2а). По сравнению с ними почвы сусликовин претерпевают значительную трансформацию солевого профиля, состав

и содержание легкорастворимых солей в них существенно изменяется. Они характеризуются сульфатно-кальциевым засолением и высоким содержанием солей практически во всей почвенной толще (рис. 2б). Сумма солей в них достигает 3–4 % (рис. 2в), тогда как в фоновых солонцах такое количество солей наблюдается только в подсолонцовых горизонтах.

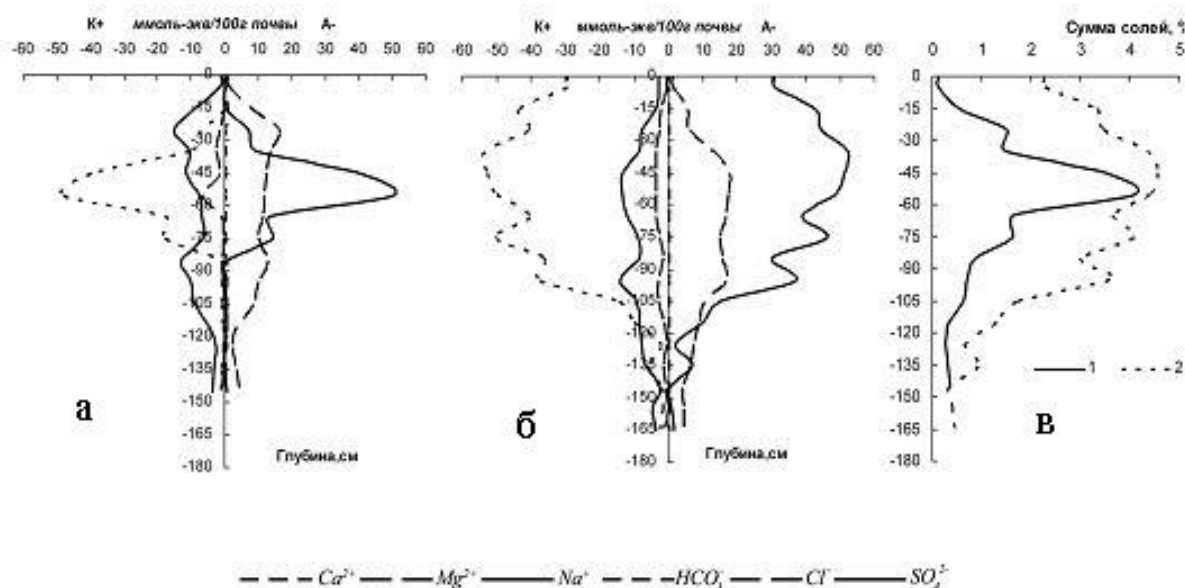


Рисунок 2. Солевые профили (а и б) и распределение легкорастворимых солей (в) в почвах первой террасы сора Хаки: а, в (1) – фоновые почвы (контроль) и б, в (2) – зоотурбированные солонцы микроповышений (средние по трем разрезам).

Увеличение количества солей в почвах сусликовин связано с выносом на поверхность засоленного материала нижних подсолонцовых горизонтов и более интенсивным по сравнению с фоном подтягиванием солей из минерализованных грунтовых вод. Являясь микроповышением, сусликовина, вследствие большей площади испарения, более интенсивно по сравнению с фоном испаряет влагу, тем самым, подтягивая соли из минерализованных грунтовых вод и способствуя их интенсивному соленакоплению во всем профиле.

Фоновые солонцы характеризуются невысоким содержанием органического вещества менее 1 %. Максимальное содержание органического вещества наблюдается в солонцовом горизонте, ниже его содержание резко уменьшается. В почвах сусликовин по сравнению с фоном наблюдается несколько максимумов содержания органического вещества: в материале выброса, в солонцовом горизонте, там где он сохранился, и в нижних горизонтах, где преимущественно сосредоточены гнездовые камеры, заполненные подстилкой, кормовыми запасами и прочими продуктами жизнедеятельности. Как показали морфологические наблюдения, корни многих растений проникают в глубокие горизонты преимущественно по ходам землероев, масса корней в этих почвах уменьшается с глубиной более плавно. Таким образом, формирование запасов органического вещества определяется глубиной поступления и массой корневого опада, а также глубиной проникновения землероев.

Фоновый и зоотурбированный солонцы характеризуются щелочной реакцией по всему профилю. В эталонном солонце происходит постепенное увеличение величины рН от слабощелочной в надсолонцовом горизонте (7.2) до сильнощелочной в подсолонцовом горизонте (9), в то время как в зоотурбированной солонце высокие значения величины рН наблюдаются по всему профилю.

Карбонаты и гипс в почвах сусликовин в отличие от фоновых почв содержатся во всех генетических горизонтах, а их содержание в подсолонцовых горизонтах в два раза выше по сравнению с фоновыми.

Таким образом, полученные материалы позволили выявить наличие неоднородности почвенного покрова на первой террасе сора Хаки. Особенности состава и свойств почв изученной площадки определяются близким залеганием минерализованных грунтовых вод, эоловым переносом частиц и роющей деятельностью суслика, формирующего специфический подтип почв – зотурбированные солонцы.

ВЫВОДЫ

1. На раннем этапе континентального развития на территориях с близкими грунтовыми водами отмечены лишь первичные элементы микрорельефа: микроповышения зоогенного происхождения, занимающие 3 % территории;
2. Почвенный покров первой террасы сора Хаки простой, в нем начинает намечаться первичная дифференциация почвенно-растительного покрова, связанная с образованием зоогенных микроповышений. Почвенный покров состоит из солончаковых солонцов под лебедово-сантонийскополынной растительностью, занимающих основной фон, и перерытых почв сусликовин под сантонийскополынно-лерхополынной ассоциацией.
3. Уже на самых ранних этапах континентального развития почвы сусликовин существенно отличаются от фоновых почв по морфологическим, химическим и физическим свойствам.
4. Близкое залегание сильноминерализованных грунтовых вод, а также не постоянная во времени роющая деятельность суслика препятствуют дальнейшей дифференциации почвенно-растительного покрова.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абатуров Б.Д.* Формирование микрорельефа и комплексного почвенного покрова в полупустыне северного Прикаспия как результат жизнедеятельности малого суслика // Млекопитающие в наземных экосистемах. М.: Наука. 1985. С. 224–249.
2. *Андрющенко О.Н., Большаков А.Ф., Будина Л.П., Долгова Л.С., Медведев В.П., Носин В.А., Трушковский А.А., Фридланд В.М.* Северо-западный бессточный округ // Почвенное районирование Прикаспийской низменности и перспективы ее сельскохозяйственного использования. Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1977. С. 37–53.
3. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1961. 491 с.
4. *Будина Л.П.* Лугово-бурые полупустынные // Генезис и классификация полупустынных почв. М.: Наука, 1966. С. 59–72.
5. *Будина Л.П., Медведев В.П.* Бурые полупустынные почвы // Генезис и классификация полупустынных почв. М.: Наука, 1966. С. 23–58.
6. *Варшавский С.Н., Лавровский А.А., Шилов М.Н.* Колебания уровня Каспийского моря изменение ареала малого суслика в голоцене // Колебания увлажненности Арало-Каспийского региона в голоцене. М. Наука. 1980. С. 163–169.
7. *Воробьева Л.А.* Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 272 с.
8. *Доскач А.Г.* Природные условия южной части полупустыни // Генезис и классификация полупустынных почв. М.: Наука, 1966. С. 5–22.
9. *Иванова Е.Н., Будина Л.П., Медведев В.П., Пачикина Л.И., Фридланд В.М.* Солонцы // Генезис и классификация полупустынных почв. М.: Наука, 1966. С. 73–116.
10. *Классификация и диагностика почв России.* М.: 2004 г.
11. *Ковда В.А.* Почвы Прикаспийской низменности. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950.
12. *Рычагов Г.И.* Плейстоценовая история Каспийского моря. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 268 с.

Работа рекомендована д.б.н., в.н.с. А.В. Быковым.

ВЛИЯНИЕ ПОСАДОК ХВОЙНЫХ ЛЕСОПОЛОС НА ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ (НА ПРИМЕРЕ УСАДЬБЫ ПОЛИБИНО ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ)

Ю.С. Шлыкова

Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва

На территории усадьбы Полибино наряду с типичными для лесостепной зоны участками разнотравно-злаковых остепненных лугов и широколиственных лесов встречаются искусственные посадки хвойных пород, не характерных для данной зоны. Была проведена оценка влияния хвойных пород лесополос за 90-летний период на изменения морфологических, химических и биологических свойств черноземов и, соответственно, на изменение структуры почвенного покрова изучаемой территории.

ВВЕДЕНИЕ

Исследуемая территория расположена в лесостепной зоне. В лесостепи расход почвенной влаги сбалансирован и даже небольшие отклонения от усредненного баланса приобретают значение для гумусонакопления, выщелачивания, лессиважа и других процессов, формирующих лесостепные почвы. Отсюда следует, что отдельные свойства почв, почвенные горизонты и, как итог, почвенные профили в их пространственной картине чутко реагируют на условия увлажнения, которые, в свою очередь, изменчивы в разных масштабах времени и отражаются растительностью.

В почвенном покрове Липецкой области абсолютно преобладают выщелоченные и типичные черноземы, реже распространены оподзоленные. Они приурочены к пологим склонам юго-западной экспозиции и плакорным участкам на лессовидных суглинках.

Для изучения влияния посадок хвойных лесополос, не характерных для данной зоны, на изменение свойств черноземов были проанализированы некоторые физико-химические и биологические показатели черноземов под различной растительностью.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Территория обследования расположена на участке бывшего имения Нечаевых-Мальцевых в селе Полибино Данковского района Липецкой области. Имение спроектировано знаменитым русским агрономом-естествоиспытателем Андреем Тимофеевичем Болотовым и находится на крутом правом берегу реки Дон (Прокофьева и др., 2005). Объект исследования представляет собой типичную для XVIII–XIX века усадьбу, в которой владельцы села Нечаевы (С.Д.Нечаев и его сын Ю.С.Нечаев-Мальцев) отстроили усадебный комплекс с дворцом, цветниками, прудами, обширным регулярным парком, фруктовыми садами, разбитыми на квадраты (Акт..., 1996; Письмо..., 1996). За парковой зоной располагались окультуренные поля, защищенные лесополосами, составленными различными древесными породами, в том числе и хвойными (сосна, ель). Основные породы деревьев в парковой зоне – широколиственные (клен, липа, дуб).

Климат исследуемой территории умеренно-континентальный, с умеренно теплым летом и сравнительно холодной зимой, по агроклиматическому районированию относится к умеренно-теплой зоне с отчетливо проявляющимися сезонными колебаниями климата. Среднегодовая температура воздуха – 4.5°C. Годовое количество осадков составляет 450–500 мм. Средняя температура самого холодного месяца (января) –9.8°C, а самого теплого (июля) +18.6°C (Прокофьева и др., 2005).

Геологическую основу территории составляют девонские известняки, перекрытые четвертичными отложениями – карбонатными лессовидными суглинками.

Рельеф имеет эрозионно-долинный и овражно-балочный характер, что определяется деформацией девонских известняков, по трещинам которых ориентировано большинство

рек, балок и даже оврагов. К современным формам рельефа относятся карстовые образования, степные блюдца на водоразделах и вторичные врезы в днища балок, оползни на склонах речных долин, оврагов и балок. Карстовые формы представлены воронками и пещерами, образование которых связано с известняками и доломитами, подвергающимися растворению и размыву. (Прокофьева и др., 2005). Таким образом, по рельефу это возвышенная сильно расчлененная равнина с волнистыми водоразделами и повсеместным развитием ложбин стока (Ахтырцев и др., 1983).

Главная водная артерия района – река Дон. В летний период его глубина не превышает 2–3 м. В половодье уровень воды может подниматься до 14 метров. На характер водосбора влияет карст, который уменьшает сток в реки за счет увеличения подземного стока. Большую ценность представляет собой девонская система подземных вод в виде ряда водоносных горизонтов. Воды региона гидрокарбонатно-кальциевые с повышенной жесткостью (Прокофьева и др., 2005).

Естественная растительность окружающей территории представлена широколиственными лесами и луговыми степями, 60–80 % территории распаханно.

Согласно почвенно-географическому районированию территория Липецкой области относится к Среднерусской лесостепной провинции оподзоленных, выщелоченных и типичных среднегумусных и тучных мощных черноземов и серых лесных почв. В пределах Среднерусской возвышенности прослеживается зональная смена подтипов черноземов от оподзоленных на севере области до выщелоченных в центральной части и типичных на юге. Местные особенности природных условий, в частности смены мезорельефа и широкое развитие в некоторых районах микрорельефа, нарушают однородность почвенного покрова внутри подзон. Наряду с черноземами здесь встречаются лугово-черноземные, луговые, пойменные почвы.

Для подробного анализа было выбрано 3 опорных разреза, заложенные под разной растительностью: первый (разрез № 11) – под разнотравно-злаковой растительностью на многолетней залежи, второй (разрез № 12) – под кленовником (участок бывшего приусадебного 200-летнего парка), третий (разрез № 14) – под 90-летними еловыми посадками лесополосы.

Для выявления влияния посадок хвойных лесополос на изменение свойств черноземов были использованы следующие методы:

1. полевое морфологическое исследование профилей;
2. физико-химический анализ образцов: водный pH потенциометрически; содержание гумуса (по Тюрину); плотность скелета почв (по Вадюниной, Корчагиной); влажность;
3. биологические методы: ручной разбор мезофауны (по Гилярову); численность и доминантный состав мезофауны.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как видно из таблицы 1, древесная растительность приводит к выщелачиванию нижней части гумусового горизонта. Средние значения pH горизонтов АВ снижаются в следующем ряду: разнотравно-злаковая залежь (Чв) (6.4) → еловая лесополоса (Чоп) (6.1) → кленовник лесопарковой зоны (Чв) (5.7). Более высокие значения pH под еловой лесополосой могут быть связаны с меньшим возрастом по сравнению с парком и влиянием краевых зон (ширина лесополосы не более 15 м). По среднему содержанию гумуса в горизонтах А+АВ биоценозы ранжируются следующим образом: еловая лесополоса (Чоп) (6.6 %) > кленовник парковой зоны (Чв) (6.1 %) > разнотравно-злаковая залежь (Чв) (4.2 %). Это может быть связано с большим количеством поступающего опада под древесной растительностью: мощность подстилки под лесополосой составила около 3 см (10227 г/м^2), под лесопарком – 1.5 см (833 г/м^2), под залежью – 1 см травянистого степного войлока (160 г/м^2).

Значения абсолютной влажности гумусового горизонта и средние значения плотности в верхних 20 см гумусового горизонта увеличиваются в ряду: залежь → лесопарк → лесополоса.

Таблица 1. Физико-химические свойства изучаемых почв.

Горизонт	Глубина горизонта, см	Гумус, %	pH водный	Абсолютная влажность, %	Плотность скелета почвы, г/см ³
Разрез № 11. Чернозем выщелоченный среднесуглинистый на карбонатных лессовидных суглинках (Чв). Разнотравно-злаковая залежь.					
Ad	0–10	8.82	6.12	15.99	0.57
A	10–20	5.99	6.29	12.73	0.92
A	20–30	5.63	6.13	20.77	0.73
A	30–40	5.16	6.48	–	–
A	40–50	4.08	6.08	19.59	0.52
A–AB	50–60	3.21	6.64	–	–
AB	60–80	2.54	6.35	27.4	0.71
AB–Bca	80–90	1.17	5.42	22.27	0.86
Bca	90–141	0.75	6.44	22.58	0.69
BCca	141–166	0.65	8.2	–	–
Разрез № 12. Чернозем выщелоченный среднесуглинистый на карбонатных лессовидных суглинках (Чв). Кленовник разнотравный. Лесопарк.					
A	0–10	8.91	6.78	20.76	0.92
A	10–20	7.23	6.46	21.36	0.59
A	20–30	6.19	5.51	19.58	0.31
A	30–40	6.22	5.44	–	–
AB	40–50	4.77	5.71	–	–
AB	50–60	3.08	5.85	–	–
Bt	60–100	1.66	5.75	19.01	0.59
Bca	100–130	0.48	8.18	–	–
Разрез № 14. Чернозем оподзоленный среднесуглинистый на карбонатных лессовидных суглинках (Чоп). Ельник мертвopoкpoвный. Лесополоса.					
Ao–A	0–10	12.54	7.09	23.66	0.95
A	10–20	9.21	7.07	23.06	0.73
A–ABe	20–30	6.59	6.75	–	–
ABe	30–40	5.48	6.28	–	–
ABe	40–50	4.99	5.85	18.62	0.71
Bte	50–53	1.70	5.56	19.88	0.93
Bt	53–89	1.40	5.24	27.53	0.81
B	89–105	1.17	5.3	25.39	0.96

Прим. Названия почв и индексы почвенных горизонтов даны в соответствии с Классификацией и диагностикой почв 1977 г.

Проведенный анализ почвенной мезофауны показал, что ее численность (рис. 1) увеличивается в следующем ряду: залежь (128 экз./м²) → лесополоса (811 экз./м²) → лесопарк (1195 экз./м²). Это может быть связано с более благоприятными условиями увлажнения почв под древесной растительностью. Более низкие значения численности ме-

зофауны под лесополосой по сравнению с лесопарком объясняются меньшими площадями древесных посадок (ширина лесополосы 15 м).



Рисунок 1. Численность мезофауны, экз/м².

Также был рассмотрен доминантный комплекс мезофауны (табл. 2). Единственная группа видов, зафиксированная на всех трех участках – люмбрициды (дождевые черви). Интересно заметить, что под древесной растительностью, т.е. на участках под лесопарком и лесополосой, встречаются схожие между собой группы почвенных животных, отличающиеся по сравнению с участком под залежью. Это может быть связано с высокой влажностью и затененностью на участках с древесной растительностью. Общее количество доминантных групп видов почвенных животных под разной растительностью также отличается. Под лесополосой было зафиксировано 7 различных групп, среди которых преобладают энхитреиды и симфиллы (82 % доминантов). Под лесопарком – 6 групп, среди которых преобладают энхитреиды и геофилиды (88 % доминантов) и под залежью – 5 групп (81 % доминантов). Здесь преобладают жукелицы и личинки двукрылых.

Большее количество доминантных групп почвенных животных под лесополосой на наш взгляд связано с неоднородностью субстрата подстилки, представленного как еловым опадом, так и широколиственным.

Таблица 2. Доминантный состав мезофауны на исследованных участках (> 5 %), %

Состав	Залежь	Лесопарк	Лесополоса
<i>Lumbricidae</i> , люмбрициды	13	17	12
<i>Enchytraeidae</i> , энхитреиды	–	23	16
<i>Symphyla</i> , симфиллы	–	–	16
<i>Diplopoda</i> , кивсяки	–	8	5
<i>Lithobiidae</i> , литобииды	–	6	15
<i>Geophilidae</i> , геофилиды	–	27	12
<i>Cicadidae</i> , цикады	13	–	–
<i>Aranei</i> , пауки	9	–	–
<i>Opiliones</i> , сенокосцы	–	7	–
<i>Coleoptera</i> , жуки	–	–	–
<i>Carabidae</i> , жукелицы	25	–	–
<i>Curculionidae</i> , долгоносики	–	–	6
<i>Diptera</i> (larva), двукрылые (личинки)	21	–	–
Всего групп	5	6	7
Всего на участке, %	81	88	82

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многочисленные исследования влияния широколиственной древесной растительности (имеющей иногда возраст более 100 лет) на свойства черноземов, проведенные за последние годы, с убедительностью свидетельствуют о том, что влияние леса на чернозем очень часто не только не носит характера оподзоливания, но является по своему существу совершенно противоположным. Посадка таких пород на черноземах весьма часто ведет к увеличению содержания гумуса, созданию прочной комковатой структуры и накоплению в верхних почвенных горизонтах питательных веществ. Иными словами, происходит усиление процесса биологической аккумуляции, при этом не происходит разрушения минеральной части и лишь иногда влечет за собой некоторое опускание карбонатного горизонта. Возможность проявления выщелачивающего и оподзоливающего действия древесных посадок на черноземы ограничена определенными физико-географическими, главным образом климатическими, условиями, характерными для северной части лесостепной зоны (Роде, Смирнов, 1972).

Однако, как показали наши исследования, посадки хвойных (в частности еловых) древесных пород даже на ограниченных по площади участках (ширина лесополос в среднем составляет 15 м) привели к значительному изменению морфологических, химических и биологических свойств черноземов: снижению оструктуренности верхней части гумусового горизонта, обильному появлению отмытых зерен первичных минералов в нижней части гумусового горизонта и, соответственно, оподзоливанию профиля. Таким образом, за 90 лет, прошедших с момента посадок еловых лесополос, произошли изменения в классификационном положении почв под ними на уровне подтипа: от черноземов типичных и выщелоченных, изначально сформированных под разнотравно-злаковой растительностью и под широколиственными породами, соответственно, к оподзоленным черноземам. Следовательно, насаждения еловых пород привели к формированию более неоднородного почвенного покрова на данном участке.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акт обследования усадьбы Нечаева-Мальцева* (архитектурный памятник 18 века – охраняется государством) комитета по делам культуры и искусства Администрации Липецкой области «Госдирекция по охране культурного наследия», 1996.
2. *Ахтырцев Б.П., Сушков В.Д.* Почвенный покров Липецкой области. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1983. – 264 с.
3. *Классификация и диагностика почв СССР*. М., К 47 «Колос», 1977. – 224 с.
4. *Письмо Комитету по делам культуры и искусства* Администрации Липецкой области «Госдирекция по охране культурного наследия» № 14 от 30.01.1996 г.
5. *Прокофьева Т.В., Мальшева Т.И., Алексеев Ю.Е.* Учебная зональная практика по почвоведению: описание маршрута. Методическое руководство. Под ред. А.С. Владыченского. Смоленск: Ойкумена, 2005. – 64 с.
6. *Роде А.А., Смирнов В.Н.* Почвоведение. Учебник для лесохозяйственных вузов. М., «Высшая школа», 1972. – 480 с.
7. *Русский чернозем – 100 лет после Докучаева*. М.: Наука, 1983. – 304 с.

Работа рекомендована н.с. И.А. Мартыненко

СОДЕРЖАНИЕ

Максимова Е.Ю., Сухачева Е.Ю. XV Докучаевские молодежные чтения	3
Апарин Б.Ф., Гагарина Э.И., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н. Мария Альфредовна Глазовская и Докучаевская школа генетического почвоведения Санкт-Петербургского (Ленинградского) университета	6
Русакова Е.А. Рафаил Васильевич Ризположенский.....	10
Алексеева А.Г. Изменение физиологической активности водорастворимых гуминовых веществ в процессе компостирования растительных остатков	16
Бахматова К.А., Матинян Н.Н., Здобин Д.Ю., Горбунова В.С. Изучение и охрана почвенного покрова – основа сохранения биоразнообразия исторических парков.....	20
Белик А.А., Пукальчик М.А. Влияние современных детоксикантов на почвенные микромицеты	22
Белинец А.С. Влияние биоугля на физические свойства дерново-подзолистой почвы	26
Вагапов И.М., Овчинников А.Ю., Гугалинская Л.А. Инструментальные методы в исследованиях палеокриоморфных почв.....	29
Вайгель А.Э. Функционирование и трансформация специализированных почвенных конструкций, представленных в условиях города.....	32
Вершинина С.Л. Исследование загрязнения почв и вод территории северо-восточных районов Санкт-Петербурга.....	37
Вяльшина А.С. Влияние калийных удобрений на динамику роста пшеницы на загрязненной кадмием торфяной низинной почве.....	41
Гайнуллина Л.А., Соловьева Е.В., Исламова Г.Г. Комбинация термогравиметрии и ИК- Фурье спектроскопии как инструментальный метод изучения почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами	46
Гордеев А.С., Шинкарев А.А. Прочное связывание летучих нефтяных углеводородов глинистыми породами, содержащими сингенетическое органическое вещество.....	48
Еремеева Н.П., Исламова Г.Г., Шинкарев А.А. (мл). Количественная диагностика сметитов в почвах термогравиметрическим методом	54
Железнова Т.Н. Влияние многолетних интродуцентов на биологическую активность в почве и на содержание питательных элементов в корнеобитаемом слое	57
Железова А.Д., Чернов Т.И. Вертикально-ярусная структура гидролитических микробных комплексов лесного биогеоценоза	60
Захаренко А.И. Поведение тяжелых металлов при ремедиации почв в зоне влияния ГМК Печенганикель	65
Зоткина А.В. Почвенный банк семян сорных растений (на примере мари белой) и его связь с некоторыми агрохимическими свойствами дерново-подзолистой почвы	70

Кирсанов А.Д., Иванова А.В. Влияние загрязнения нефтью на миграционные свойства гумусовых кислот дерново-подзолистой почвы	77
Козлова А.В. Влияние различных систем удобрения на урожайность овса и плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в полевом длительном опыте.....	80
Колесников А.В. Селективность обмена Са–Na в лугово-каштановых почвах Джаныбекского стационара РАН в нативных образцах и в условиях модельного эксперимента	85
Красина Т.В. Особенности гидрологического режима и диагностика черноземовидных почв юга Тамбовской равнины	90
Лазарева М.А. Оценка физических параметров подбуров иллювиально-гумусовых глеевых, сформированных в условиях северо-востока Карельского перешейка	95
Лубсанова Д.А. Сравнительный функциональный анализ почвенных актиномицетов, различающихся по адаптации к температуре и содержанию солей в среде	99
Мазнык Л.В. Зарождение знаний о почвах в Украине	103
Максимова Е.Ю. Особенности пирогенного почвообразования в районе степных островных боров Самарской области.....	108
Мельчакова Е.В. Экологические параметры физических свойств серых почв (на примере почв заповедника «Лес на Ворскле», Белгородская область).....	113
Мингареева Е.В. Содержание радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) в почвах, образованных на разных типах почвообразующих пород	117
Мухаметова Н.В., Абакумов Е.В. Содержание углерода органических соединений и азота в почвах острова Кинг-Джордж, западная Антарктика.....	122
Новиков С.Г. Почвы урбанизированных территорий как биогеохимический барьер на пути тяжелых металлов	125
Осина Д.Е. Эколого-геохимические параметры тяжелых металлов в почвах бассейнов рек Угры и Жиздры	129
Пигарева Т.А. Особенности начального педогенеза на отвалах карьеров Михайловского горно-обогатительного комбината	136
Русаков А.В., Битюков М.Ю. О нахождении Трубчевской палеопочвы в опорном разрезе позднего неоплейстоцена Черemoшник (центр Ярославского Поволжья) и ее палеогеографическом значении.....	140
Суханов П.А., Попов А.И. Влияние разных концентраций гуминовых веществ на урожайность ячменя	145
Томашунас В.М., Абакумов Е.В., Крыленков В.А., Соколов В.Т. Почвы островных и прибрежных территорий Арктики в окрестностях российских полярных станций.....	149
Тыртычная Е.С. Морфолого-генетические свойства и экологическое состояние городских почв центральной части Васильевского острова (Санкт-Петербург).....	156

Филиппов П.А. Влияние органических и минеральных удобрений на структурное состояние окультуренной почвы	160
Халитов Р.М., Абакумов Е.В. Мезоморфологические свойства темно-серых почв низкогорного рельефа восточной области гор Южного Урала	164
Хаштыров И.Б., Бандюк С.А. Адаптивность гибридов подсолнечника к почвенно-экологическим условиям северо-запада Кавказа	169
Черномаз Д.Е., Рюмин А.Г., Романов О.В. Применение метода лазерной дифрактометрии для оценки гранулометрического состава серых почв	172
Чецкая М.С. Изменение агрохимических характеристик агрочернозема глинисто-иллювиированного в процессе длительного сельскохозяйственного использования .	179
Шабанова Н.П. Влияние роющей деятельности малого суслика на формирование микрорельефа и почвенного покрова в полупустыне Северного Прикаспия	183
Шлыкова Ю.С. Влияние посадок хвойных лесополос на изменение свойств черноземов (на примере усадьбы Полибино Липецкой области)	189

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ
Выпуск 7 (34)

Компьютерная верстка А.Г. Рюмина

Печатается без издательского редактирования
Подписано в печать с оригинал-макета заказчика 07.12.2012 г.
Формат 60х84/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Печ. л. 24.5. Тираж 150 экз. Заказ №

Типография Издательства СПбГУ
199061, г. Санкт-Петербург, Средний пр., 41