Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Вятский государственный университет»

ПОЧВЫ РОССИИ:
ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Сборник статей по материалам Всероссийской с международным участием научной конференции, посвящённой Году экологии и 90-летию со дня рождения профессора В. В. Тюлина

5 октября 2017 г.

Киров
2017

УДК 631.4

ББК 26.820я431

П652

Печатается по решению Научного совета
Вятского государственного университета

Редактор-составитель сборника – А. М. Прокашев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры географии и методики обучения географии, председатель Кировского областного отделения Русского географического общества.
Заместитель редактора – А. С. Матушкин, кандидат географических наук, доцент кафедры географии и МОГ.

П652 **Почвы России : вчера, сегодня, завтра** : сборник статей по материалам Всерос. с междунар. участием науч. конф., посвящ. Году экологии и 90-летию со дня рождения проф. В. В. Тюлина (5 октября 2017 г.) / отв. за вып. А. М. Прокашев. – Киров : ВятГУ, 2017. – 228 с.

ISBN 978-5-98228-149-4

2015 г. в России объявлен Годом экологии с целью привлечения внимания общественности к современным проблемам природопользования и экологическому состоянию ландшафтной сферы в целом и каждого из её компонентов в отдельности. Почвы являются одним из наиболее важных компонентов природной среды, поскольку в них собраны нити сложных взаимосвязей и взаимодействий между всеми абиогенными и биотическими составляющими, в совокупности образующими особое естественноисторическое – биокосное – тело, по праву считающееся зеркалом, памятью и индикатором экологического состояния окружающей среды в настоящем, прошлом и будущем. В сборнике материалов, посвященной этому важному событию, представлены современные результаты исследований ученых из различных регионов России и ближнего зарубежья по таким актуальным направлениям, как история исследования почв и почвенного покрова, современные теоретико-методологические проблемы почвоведения, региональные проблемы генезиса и эволюции почв, география почв, структуры почвенного покрова, современное экологическое состояние и будущее почв и почвенного покрова, проблемы диагностики, верификации и классификации почв, агропочвоведение, агрохимия, земледелие, растениеводство, мелиорация, рекультивация и воспроизводство плодородия почв, почвы как объекты региональных Красных книг почв, методы исследования, картографирования почв и оценки земельных ресурсов и почвенного покрова, теория и методика преподавания почвоведения и географии почв. Материалы сборника могут быть полезны исследователям естественнонаучного профиля – почвоведам, географам, экологам, биологам, геохимикам-ландшафтоведам, агрономам, преподавателям, аспирантам и студентам вузов, сотрудникам природоохранных служб и др.

Тексты статей представлены в авторской редакции.
За качество и достоверность предоставленных материалов ответственность несут авторы.

УДК 631.4
ББК 26.820я431

ISBN 978-5-98228-149-4 © Вятский государственный университет, 2017

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ РОССИИ И БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ

УДК 63:001(092)

К ДЕВЯНОСТОЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА ВЛАДИМИРА ВЛАДИМИРОВИЧА ТЮЛИНА

И. Я. Копысов
Вятская государственная сельскохозяйственная академия, г. Киров,
А. М. Прокашев
Вятский государственный университет, г. Киров
Kopysov1942@mail.ru

В статье излагается научная, научно-организационная и общественная деятельность доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки РСФСР Владимира Владимировича Тюлина.

Ключевые слова: исследователь, ученый, педагог, организатор, общественник.

Владимир Владимирович Тюлин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РСФСР, родился 13 сентября 1927 года в городе Судогде Владимирской области.

В 1947 г. В. В. Тюлин был принят на агрономический факультет Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева и окончил её в 1951 году. С 1951 по 1954 гг. прошел аспирантуру на почвенно-агрономической станции ТСХА под руководством видных ученых в области земледелия и почвоведения профессоров М. Г. Чижевского и К. П. Пака.

Еще будучи студентом ТСХА В. В. Тюлин интенсивно занимался исследовательской работой. В течение трех лет прошел интересную учебную и производственную практику в институте земледелия Центрально-Черноземной полосы, расположенного в Каменной степи, где проводил свои исследования основоположник отечественного почвоведения В. В. Докучаев. Как первые, так и последующие научные работы В. В. Тюлина были направлены на изучение образования и агропроизводственных свойств различных почв. Его кандидатское исследование посвящено изучению агрономических свойств и мелиорации почв солонцового комплекса в Саратовском Заволжье.

После окончания аспирантуры и защиты кандидатской диссертации (1955 год) В. В. Тюлин приступает к изучению актуальных проблем земледелия и почвоведения в Кировской области, вначале в НИИСХ Северо-Востока, а с 1960 года в Кировском сельскохозяйственном институте.

В 1960 году В. В. Тюлин был избран по конкурсу на должность заведующего кафедрой агрохимии и почвоведения. Именно здесь проявился организаторский талант и способность ученого к анализу современного состояния и предвидению перспективных научных направлений в исследованиях, имеющих новизну и актуальность. В самый короткий срок В. В. Тюлиным был создан работоспособный коллектив преподавателей и научных сотрудников, начавших глубокие и всесторонние исследования почв Кировской области. Широта научных интересов и исследовательский дар позволили ему выполнить множество интересных, пионерных работ в области генезиса, классификации, эволюции почв, результаты которых впоследствии вошли в академические издания и учебные пособия для образовательных учреждений агрономического направления. При институте была организована зональная агрохимическая лаборатория, а на кафедре – почвенная экспедиция численностью до 25 человек, которая проводила крупномасштабные производственные и научные исследования почв для нужд сельскохозяйственного производства.

Уже в семидесятые годы научные труды В. В. Тюлина и его сотрудников и аспирантов были признаны на научных форумах и в производственных сельскохозяйственных учреждениях области. В. В. Тюлин умело координировал взаимодействие научно-педагогического персонала с руководящими органами сельского хозяйства, постоянно организовывал их встречи на уровне хозяйств, районов и области. На всевозможных научных съездах, форумах делегация кировских учёных по численности уступала только представителям Москвы и Ленинграда.

Глубокие исследования состава и свойств почв области в сочетании с материалами крупномасштабных обследований позволили приблизить научные работы кафедры к нуждам сельскохозяйственного производства и стали хорошей базой для обучения и воспитания студентов – агрономов и аспирантов.

О разносторонности почвенных исследований, выполненных под руководством В. В. Тюлина, и их производственной направленности можно судить по перечню изучаемых проблем: водный, воздушный, и тепловой режимы почв подзолистого типа; особенности почв с двумя гумусовыми горизонтами, их агрономические свойства, диагностические признаки, генезис и классификационное положение; состав и свойства гумуса основных типов почв области;особенности и агрохимические свойства дерново-подзолистых почв на двучленных отложениях; микроэлементы в дерново-подзолистых почвах; состав, свойства и особенности происхождения почв пойм бассейна реки Вятки; особенности структуры почвенного покрова в целях дифференцированного подхода к земледелию и организации сельскохозяйственных угодий; бонитировка почв, качественная и экономическая оценка земель, разработка государственного земельного кадастра, а также и другие вопросы.

В 1973 году В. В. Тюлин защитил докторскую диссертацию на тему «Подзолистые почвы на покровных суглинках восточной окраины Русской равнины». Под его руководством подготовлено шестнадцать кандидатов наук. Им опубликовано более 200 книг, брошюр, статей. Его монография «Почвы Кировской области» (1976), по информативности столь обстоятельна, что и в настоящее время продолжает играть роль настольной книги при решении текущих научных проблем и прикладных задач.

Многогранной была и научно-организационная деятельность В. В. Тюлина. За время работы в институте он был деканом агрономического факультета, дважды назначался проректором по научной работе, а в 1976 году стал ректором института. Именно тогда расцвела его незаурядная способность строителя, созидателя в прямом и переносном смысле слова. Дни напролет маститый учёный проводил на строительных площадках, выбивал в министерстве или облисполкоме средства на новые объекты, отыскивал дефицитные материалы. И институт рос, расширялся. Появились новые корпуса, общежития, лаборатории. Владимир Владимирович радовался завершению каждой стройки, наверное, не меньше, чем защите докторской диссертации. Он любил и понимал красоту, инициировал декоративное озеленение, обустройство внутреннего двора главного здания института, строительства пруда, зеленого обрамления дорожек и тропинок на Опытном поле.

Многиегоды В. В. Тюлин – член Центрального Совета Всесоюзного Докучаевского общества почвоведов, длительное время – председатель Кировского отделения этого общества. Он – неизменный участник всех всесоюзных и региональных съездов и конгрессов по почвоведению, агрохимии и земледелию, во главе всегда представительных делегаций вятских почвоведов, агрохимиков, физиологов, земледелов. Был членом советской делегации на Международных конгрессах – на 10-ом почвоведов, на 4-ом по минеральным удобрениям.

В. В. Тюлин вел большую общественную работу, неоднократно избирался депутатом городского и областного Советов народных депутатов, являлся членом парткома института и обкома КПСС, много лет возглавлял постоянную комиссию областного Совета народных депутатов по охране природы. В течение ряда лет он руководил теоретическим семинаром по философским проблемам в биологии на агрономическом факультете.

Почти 10 лет В. В. Тюлин принимал активное участие в работе объединенного Совета по защите докторских диссертаций при Ленинградском СХИ.

Преданность науке, замечательные достижения в сфере науки и преподавания создали В. В. Тюлину огромный авторитет среди коллег. Этому, безусловно, способствовали и его личные качества. При всей своей занятости делами, он никогда не ограничивал свои интересы только профессиональными проблемами, ему были свойственны активная гражданская позиция, живой интерес к литературе и искусству, огромная эрудиция в самых разных областях знаний. Восхищала его истинная интеллигентность, конструктивность советов и помощь студентам, аспирантам, сотрудникам. С В. В. Тюлиным было легко и интересно работать. В поле у него был ответ на любое «почему», он умел видеть и чувствовать природу, понимать суть естественных явлений, увлекательно рассказывать о них. С ним можно было беседовать обо всем. Атмосфера уюта и благожелательности создавалась им и за рабочим столом, и в поле у почвенного разреза.

В конце мая 1992 года Владимира Владимировича не стало. За многогранную плодотворную работу В. В. Тюлин был награжден орденом «Знак почета», медалью «За доблестный труд, В ознаменовании 100-летия со дня рождения В. И. Ленина», многочисленными дипломами и грамотами.

Жизненный путь В. В. Тюлина не был прямым и торным: научные исследования, руководство вузом, общественные дела отнимали много сил, энергии, нервов. Но он был сильным человеком, и трудности только вдохновляли его на новые свершения.

УДК 631.4

ОБ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ПОЛИГЕНЕТИЧНЫХ ПОЧВ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ

А. М. Прокашев, Е. С. Соболева, А. С. Именитова
Вятский государственный университет, г. Киров,
amprokashev@gmail.com

В работе произведен краткий обзор истории генетико-эволюционных исследований почв центральной и южной частей Вятского Прикамья, вблизи бореально-лесостепного геоэкотона Русской равнины, – от долины р. Чепцы на севере до низовий Вятки – на юге с применением палеопочвенных методов. Показана пионерная роль ряда учёных геоботаников, почвоведов, географов в разработке региональной концепции парагенетической эволюции почвенного покрова региона. Работа может быть полезной широкому кругу исследователей естественнонаучного профиля – географам, биологам, экологам, агрономам.

Ключевые слова: история палеопочвенных исследований, генезис, эволюция, будущее почв Вятского Прикамья.

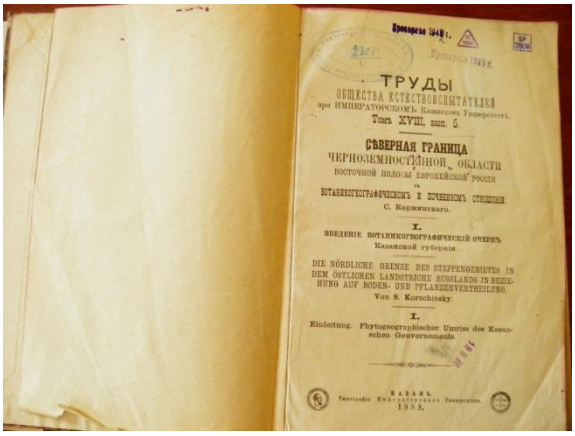
Введение

Почвы с проблематичным строением профиляв Вятской губернии впервые были выявлены в конце XIX в. С. И. Коржинским [2, 3] на территории Малмыжского уезда с выделением переходных эволюционных типов – от «малмыжских черноземов» до «вторично-подзолистых». Они послужили аргументом в пользу гипотезы смещения природных зон в результате наступления леса на степь. Отсутствие соответствующих аналитических методов не позволило учёному убедительно доказать наличие реликтовых феноменов в профилях данных почв. Однако они послужили толчком к специальным – палеопочвенным – исследованиям в пределах зоны контакта таёжной и лесостепной зон России и легли в основу концепции полигенезиса почвенного покрова.

Объекты и методы

Объектом являлась история исследования почв с проблематичным – полигенетическим – строением органопрофиля, имеющих в своём составе реликтовые остаточные или погребённые гумусовые горизонты и иной фоссильный материал. Основной

метод исследования – историографический, в сочетании с морфолого-генетическими, биохимическими, радиоуглеродными и иными методами.



ТРУДЫ
ОБЩЕСТВА ЕСТЕСТВОИСПЫТАТЕЛЕЙ
при ИМПЕРАТОРСКОМЪ Казанскомъ Университетѣ.
Томъ XVIII, вып. 5.

СѢВЕРНАЯ ГРАНИЦА
ЧЕРНОЗЕМНОСТЕПНОЙ ОБЛАСТИ
ВОСТОЧНОЙ ПОЛОВЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССІИ
въ
БОТАНИКОГЕОГРАФИЧЕСКИМЪ И ПОЧВЕННОМЪ ОТНОШЕНІИ.
С. Коржинскаго.

I.
ВВЕДЕНІЕ. БОТАНИКОГЕОГРАФИЧЕСКІЙ ОЧЕРКЪ
Казанской губерніи.

DIE NÖRDLICHE GRENZE DER STEPPENGEBIETES IN DEM ÖSTLICHEN LANDSTRICHE RUSSLANDS IN BEZIEHUNG AUF BODEN- UND PFLANZENVERTHEILUNG.
Von S. Korschinsky.

I.
Einleitung. Phytogeographischer Umriss des Kasanschen Gouvernements.

КАЗАНЬ.
Типографія Императорскаго Университета.
1888.

С. И. Коржинский (1861–1900)

Обсуждение результатов

Результаты полевых исследований С. И. Коржинского в кратком виде позволяют констатировать следующее:

– Почвы с проблематичным строением профиля Малмыжского уезда – аргумент в пользу гипотезы смещения природных зон в результате наступления леса на степь.

– «Малмыжские чернозёмы» – эмпирическая основа концепции полигенезиса почвенного покрова и толчок к палеопочвенным исследованиям в пределах бореального экотона европейской и азиатской России.

Однако несовершенство аналитических методов того времени не позволило С. И. Коржинскому убедительно доказать гипотезу полигенетичности исследуемых почв Вятской губернии на аналитическом уровне.

Во второй половине XX в. В. В. Тюлиным и М. В. Россохиной [8 и др.] начались специальные исследования почв с проблематичным профилем Вятского Прикамья. Объектами служили почвы со вторым гумусовым горизонтом (ВГГ) на покровных бескарбонатных суглинках Чепецко-Кильмезского водораздела (ЧКВ) Вятско-Камской почвенной провинции, первоначально картированные как светло-серые почвы. Ими были собраны комплексные материалы о свойствах минеральной и органической фазы этих почв с использованием относительно нового метода анализа фракционно-группового состава органического вещества (ОВ), широко внедряемого в практику почвенно-генетических изысканий.

Они подтвердили наличие значительных различий между верхним (А1 (АУ), Апах (Р) и нижним (А1А2 (А[hh]) гумусовыми горизонтами, в частности, высокую степень гуматности ОВ и оптической плотности гуминовых кислот (ГК) второго из них при значительно меньшем содержании гумуса по сравнению с гор. А1. Учеными был сделан вывод о соответствии ОВ ВГГ более южным ландшафтам, а ОВ гор. А1 – современным условиям южной тайги. В итоге рассматриваемые почвы были на правах особого рода – с ВГГ – включены в состав типа дерново-подзолистых почв. Эти материалы легли в основу региональной концепции эволюции почв северо-востокаЕТР.

Краткая справка о Тюлине Владимире Владимировиче (1927–1992): профессор, доктор сельскохозяйственных наук – инициатор специального аналитического исследования почв со вторым гумусовым горизонтом в Вятском крае. Родился 13.09.1927 г. в г. Судогде Владимирской области. В 1951 г. окончил агрономический факультет Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева. После защиты кандидатской диссертации (1955) работает в НИИСХ Северо-Востока (г. Киров). С 1960 г. вступает

в должность заведующего кафедрой агрохимии и почвоведения. 1973 г. – защита докторской диссертации по подзолистым почвам на покровных суглинках. 1976 г. – издание монографии «Почвы Кировской области». Был деканом агрономического факультета Кировского СХИ (ныне ВятГСХА), проректором по научной работе. С 1976 г. – ректор института до последних днейсвоей жизни (май 1992 г.)

Заслуги В. В. Тюлина в области генетического почвоведения:

– Организация систематического изучения зональных компонентов почвенного покрова Кировской области (60-90-е гг. XX в.).

– Изучение генезиса и эволюции почвенного покрова Вятского Прикамья.

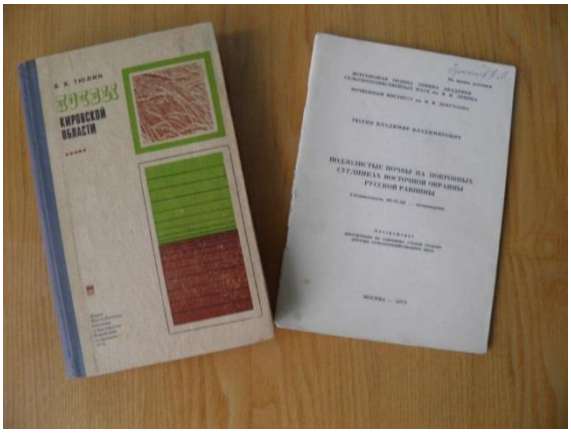
– Изучение дерново-подзолистых почв с ВГГ Чепецко-Кильмезского междуречья.

– Изучение структур почвенного покрова региона покровных суглинков и Кировской области в целом.

– Изучение водного режима почв на покровных суглинках Чепецко-Кильмезского междуречья.

– Издание обобщающей монографии о генезисе и свойствах основных зональных типов почв Кировской области.

– Создание научной школы генетического почвоведения в Кировской области (М. В. Россохина, А. М. Гущина, А. И. Гущин, Н. К. Кузнецов, Н. Т. Росляков, Н. Д. Охорзин, А. М. Прокашев и др.).



В. В. Тюлин (1927–1992)

Краткая справка о Россохиной Марии Васильевне (1931 г. р.): кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Результаты исследований М. В. Россохиной:

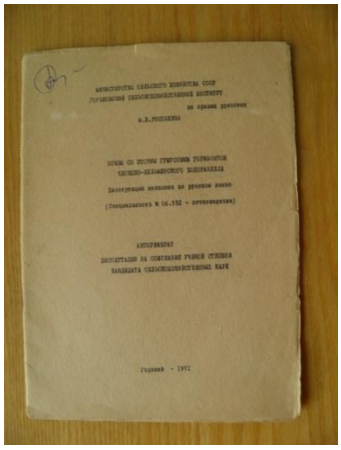
– Выявление значительных различий между верхним (AY), Апах (P) и нижним (A[hh]) гумусовыми горизонтами: высокая степень гуматности ОВ и оптической плотности гуминовых кислот (ГК) ВГГ при значительно меньшем содержании гумуса по сравнению с гор. AY.

– Заключение о соответствии ОВ ВГГ более южным ландшафтам, а ОВ гор. AY – современным условиям южной тайги.

– Научная рекомендация отнесения исследуемых почв ЧКВ к дерново-подзолистому типу на правах особого рода – с ВГГ.

– Обоснование совместно с В. В. Тюлиным региональной концепции эволюции почв северо-востока ЕТР.

– Толчок к дальнейшим исследованиям дерново-подзолистых почв с ВГГ юго-западной части Кировской области, частично входящей в состав Среднерусской почвенной провинции.



М. В. Россохина (1931 г. р.)

В дальнейшем изучение аналогичных почв было продолжено в юго-западной и юго-восточной части Кировской области, частично входящей в состав Среднерусской почвенной провинции. При этом А. М. Прокашевым в ходе почвенно-генетических исследований с привлечением метода С-14 датирования наряду с дерново-подзолистыми была изучена серия других типов почв с проблематичным строением профиля – дерновых оглеенных, серых, серых оглеенных, дерново-карбонатных, – формирующиеся на покровных бескарбонатных и карбонатных суглинках, а также известково-глинистом элювии пермских пород [4–7]. Обобщённое представление о систематике почв со сложным органопрофилем, имеющим в своём составе реликтовые остаточные и погребённые гумусовые горизонты, исследованных А. М. Прокашевым региона отражено в таблицах 1–3.

Таблица 1

Систематика почв с реликтовыми гумусовыми горизонтами Вятского Прикамья

Типы и подтипы почв	Разряды и подразряды
1. Почвы с поверхностными остаточными вторыми A[hh] и B[hh] горизонтами	
1.1. Дерново-подзолистые с ВГГ	На покровных бескарбонатных и карбонатных суглинках
	На моренных (периферийно-пуговых) суглинках
	На древнем аллювии
1.2.Серые тёмно- и серогумусовые с ВГГ	На покровных бескарбонатных и карбонатных суглинках
1.3. Серые серогумусовые с ВГГ	На элювии пермских глин и глинистых мергелей
1.4. Карболитозёмы (дерново-карбонатные) с ВГГ)	На пермских мергелях глинистых (и элювии известняков)
1.5. Тёмногумусово-глеевые (дерновые оглеённые) с ВГГ)	На покровных бескарбонатных и карбонатных суглинках
2. Почвы с погребёнными гумусовыми горизонтами [A], погребёнными почвами, погребённой древесиной и детритом	
2.1. Серые тёмно- и серогумусовые с горизонтами [A], [Ag, AG]	На делювии и древнем аллювии
2.2. Подзолы с погребёнными дерново-подзолами	На долинно-зандровых палеоэоловых отложениях
2.3. Тёмногумусово-глеевые (дерновые	На древнем аллювии

Типы и подтипы почв	Разряды и подразряды
оглеённые) с погребёнными гумусовыми горизонтами	
2.4. Аллювиальные дерновые с горизонтами [A], [Ag, AG] и погребёнными древесиной /детритом	На современном аллювии

Таблица 2

Возраст гуминовых кислот почв с реликтовыми гумусовыми горизонтами Вятского Прикамья

Разрез, №	Горизонт, глубина, см	Номер образца	Фракция ГК	Возраст по С-14	Календарный возраст
Дерново-подзолистые почвы					
К-28	AY 5–13	ЛУ-4512	1	340÷60	1485÷1635 н. э.
		ЛУ-4513	2	560÷50	1307÷1425 н. э.
		ЛУ-4514	3	730÷80	1215÷1387 н. э.
	AElh 15–25	ЛУ-4511	1	6240÷80	5301÷5073 до н. э.
		ЛУ-4509	2	6660÷70	5635÷5487 до н. э.
		ЛУ-4510	3	6800÷80	5741÷5623 до н. э.
Я-1	AY 5–14	ЛУ-1502	1	600÷90	1299÷1409 н. э.
		ЛУ-1501	2	1580÷180	260÷645 н. э.
		ЛУ-988	3	2590÷140	895÷430 н. э.
	AElh 15–22	ЛУ-994	1	5580÷140	4590÷4250 до н. э.
		ЛУ-993	2	6600÷430	5720÷5325 до н. э.
		ЛУ-984	3	6740÷300	5980÷5375 до н. э.
	Bh 40–50	ЛУ-995	1	5530÷160	4550÷4110 до н. э.
		ЛУ-990	2	5630÷230	
		ЛУ-985	3	7630÷390	6680÷6230 до н. э.
С-8	AElh 17–25	ЛУ-997	1	6230÷100	5300÷5055 до н. э.
		ЛУ-991	2	8360÷370	7580÷7085 до н. э.
		ЛУ-987	3	8900÷390	8270÷7755 до н. э.
Фтал-57	AEl[hh] 23–28	ЛУ-6671	3	6030±190	
Фмед-1	AEl[hh] 23–50	ЛУ-6672	3	8680±90	
Я-11а	AEl[hh] 23–28	ЛУ-6673	3	7010±90	
Серые серогумусовые почвы с ВГГ					
В-18	AElh 25–32	ЛУ-3880	3	6950÷100	5970÷5730 до н. э.
У-27	AElh 30–52	ЛУ-4636	2	5510÷60	4449÷4257 до н. э.
		ЛУ-4637	3	6440÷120	5515÷5295 до н. э.
Серые глееватые тёмногумусовые почвы с ВГГ и ПГГ					
М-13	PU 0–26	ЛУ-4515	1	680÷60	1279÷1389 н. э.
		ЛУ-3878	2	1260÷50	685÷853 н. э.
		ЛУ-3879	3	1470÷70	537÷653 н. э.
	AUhg 26–36	ЛУ-3877	3	6650÷150	5735÷5370 до н. э.
В-40	B[hh] 100–120	ЛУ-5389	3	7330±80	
М-17	Bh 85–105	ЛУ-4623	3	7140÷150	6200÷5840 до н. э.
	[AG] 140–150	ЛУ-4622	3	10760÷140	11020÷10700 до н. э.

Разрез, №	Горизонт, глубина, см	Номер образца	Фракция ГК	Возраст по С-14	Календарный возраст
Дерновые оглеенные почвы					
Я-3	PU 0–20	ЛУ-989	3	2570÷200	895÷405 н. э.
	Bh 40–50	ЛУ-996	1	6650÷400	5735÷5370 до н. э.
		ЛУ-992	2	7290÷220	6385÷5925 до н. э.
		ЛУ-986	3	7150÷280	6325÷5730 до н. э.
Дерново-карбонатные почвы					
В-19	AUh 30–48	ЛУ-4508	3	7240÷80	6335÷5875 до н. э.
Палеоаллювиальные почвы					
М-17а	AEl[hh] 15–26	*ЛУ-6674*	3	5340±190	

В их профилях в явном или скрытном виде зафиксированы ВГГ и т. п. Наряду с гуматным составом гумуса вторых (A[hh]) и «третьих» (B[hh]) гумусовых горизонтов был установлен бореально-атлантический возраст ГК ВГГ (около 8-5,5 тыс. лет н.), подтвердивший их реликтовую природу [4, 5; 6; 7] (рис. 1–3, табл. 3).

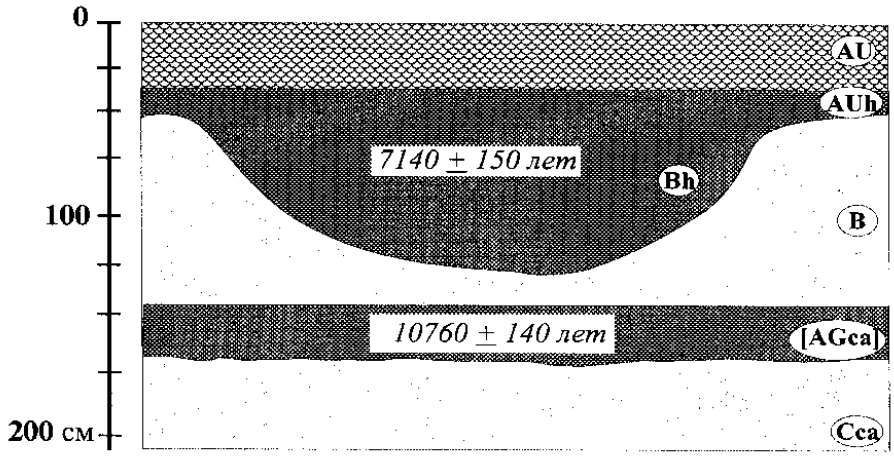


Рис. 1. Схема строения профиля серой тёмногумусовой глееватой почвыс ВГГ и ПГГ (Мари-Турекское плато)

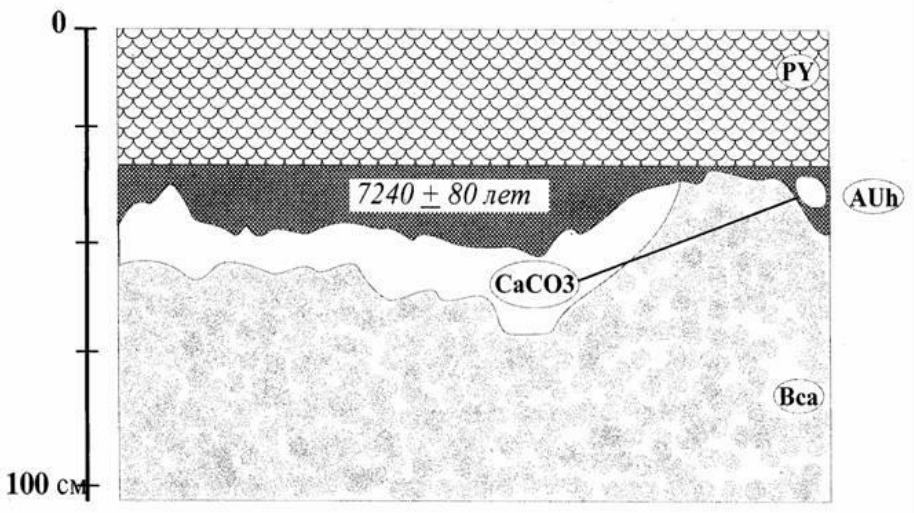


Рис. 2. Схема строения профилядерново-карбонатной почвы (карболитозёма) с ВГГ (Мари-Турекское плато)

Таблица 3

Морфологические варианты ВГГ почв Вятского Прикамья

Критерий	Варианты ВГГ	Примеры
Смежность	Контактирующие с гор. А	A + A[hh]
	Разделённые с гор. А	A + EL + A[hh]
Местоположение в профиле	Аккумулятивно-элювиальные	AEL[hh]
	Аккумулятивные	AU[hh]
	Аккумулятивно-переходные	B[hh]
Хроматический	Контрастные	AY + A[hh]
	Не контрастные	AU + AU[hh]
Форма распределения	Сплошные, прерывистые, линзовидные, кармановидные и т. п.	_

В последствии первым из авторов аналогичные геохронологические данные были получены для дерново-подзолистых почв с ВГГ ЧКВ, что позволило создать целостную картину голоценовой истории развития почвенного покрова ВП с выделением стадий: аккумулятивной развивающей эволюции с элементами наследующей (1-я половина голоцена), аккумулятивно-элювиальной стирающей эволюции с элементами наследующей (2-я половина голоцена); техногенной (деградационной) эволюции (исторический этап).

Параллельно с поверхностными палеопочвами А.М. Прокашевым с коллегами ведется изучение почв с погребенными гумусовыми (ПГГ) горизонтами, почвенными профилями и иным фоссильным материалом междуречных и долинных ландшафтов ВП, с возрастом ОВ от 11 тыс. лет до первых сотен лет (табл. 4).

Таблица 4

Возраст фоссильного материала современных и древних аллювиальных отложений Вятского Прикамья

Район сбора	Особенности местоположения, состав фоссилей, гл. образца	Возраст, лет	Лаб. номер образца
Пойма р. Вятки ниже п. Известковый Завод *(Слободской р-н)*	Погребённый палеостаричный торф, древесина; 2 м	3340±110*	ЛУ-3881
Пойма р. Вятки ниже д. Новожилы *(Оричевский р-н)*	Палеостаричная фация аллювия, древесина; 4,6 м	4960±60**	ЛУ-7870
Пищальское болото: 1 н.п.т. р. Вятки *(Оричевский р-н)*	Гор. Т, древесина с глубины 0,75 м	4510±60**	ЛУ-7508
	Палеостаричная фация аллювия, древесина; 1,3 м	6540±100**	ЛУ-7871
Пойма р. Вятки у п. Суводи *(Оричевский р-н)*	Палеостаричная фация аллювия, древесина; 3,2 м	8000±50**	MPI-23
Пойма р. Вятки в ОЗ ГПЗ «Нургуш» *(Котельничский р-н)*	Русловая фация аллювия у меженного уреза воды, детрит	10130±240*	ЛУ-4045
Пойма р. Чепцы под с. Ильинское *(Кирово-Чепецкий р-н)*	Палеостаричная фация аллювия, древесина; 2,5 м	2760±40**	ЛУ-6192
Долина р. Гоньбинки *(Малмыжский р-н)*	1-я надпойменная терраса, древесина (бревно); 3 м	9800±100**	MPI-22
Долинный зандр р. Вятки *(Нолинский р-н: Белаевский*	1-я надпойменная терраса (погребённый дерново-подзол,	570±60**	ЛУ-7867

Район сбора	Особенности местоположения, состав фоссилей, гл. образца	Возраст, лет	Лаб. номер образца
бор)	гор. [А], гл. 60-65 см (фракция ГК1)		
	(фракция ГК2)	490±40**	ЛУ-7868
	(фракция ГК3)	540±70**	ЛУ-7869
Пойма р. Вятки *(Нолинский р-н: Белаевский бор)*	Урез воды (древесина)	4370±90**	ЛУ-7506
	На 0,8 м выше уреза воды (древесина)	4110±100**	ЛУ-7507

Примечание: * – радиоуглеродный возраст; ** – календарный возраст.

Полученные авторами данные свидетельствуют об активной роли пойменно-русловых процессов, а также эоловой переработки долинных зандров, ведущих к изменению направлений русел, погребению почв речных террас и перестройке долинных геосистем и, особенно, пойменных ландшафтов. В совокупности они свидетельствуют о динамическом состоянии почвенного покрова ВП, формирующегося при сочетании перманентных и скачкообразных изменений условий педогенеза, обусловленных спонтанными зональными, азональными (и антропогенно обусловленными) движущими силами.

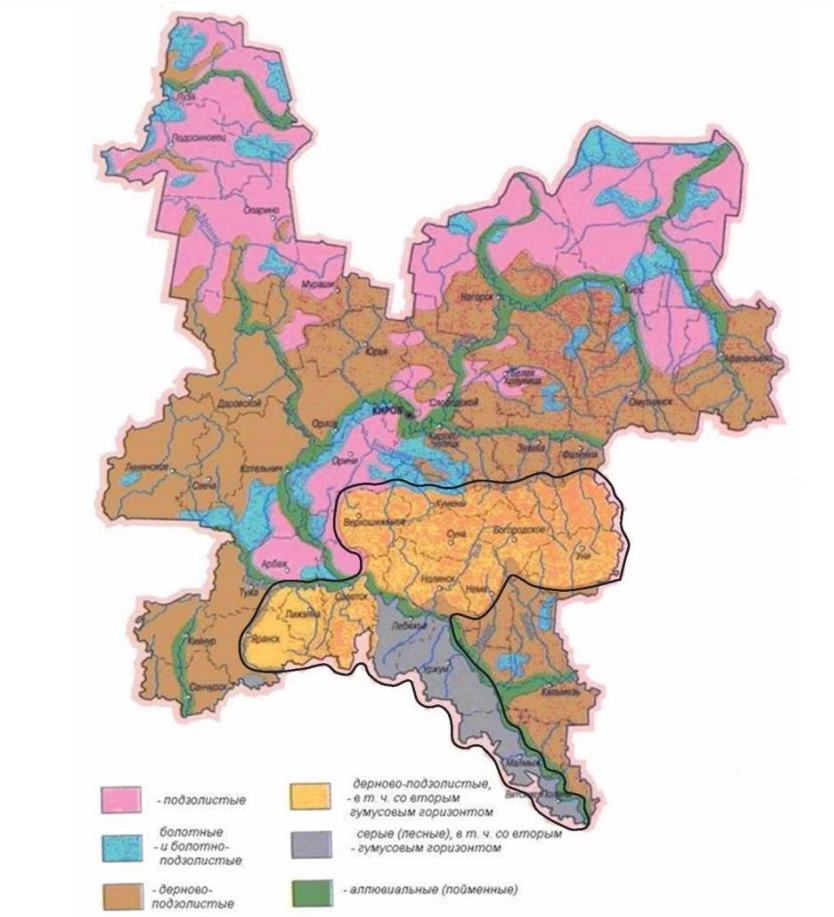


Рис. 3. Карто-схема зональных типов и география почв с ВГГ Вятского Прикамья (в неправильную фигуру заключены ареалы дерново-подзолистых, серых и других типов почв с ВГГ)

Выводы

1. В ходе длительных генетико-эволюционных исследований почв Вятского Прикамья с конца XIX в. до современности выявлена и изучена серия типов и подтипов почв, имеющих реликтовые вторые (ВГГ) и погребённые (ПГГ) гумусовые горизонты, принадлежащие к следующим эколого-генетическим группам:автоморфные (дерново-подзолистые, серые серо- и тёмногумусовые с ВГГ и ПГГ), подзолы с ПГГ); гидроморфные (дерновые оглеенные, в т. ч. глееватые и глееватыеоподзоленные, серые серо- и тёмногумусовые глееватые сВГГ и ПГГ); интразональные (дерново-карбонатные с ВГГ); азональная группа (аллювиальные с ПГГ).

2. Обнаружены различные варианты ВГГ. По местоположению: контактирующие с гор. А (А + А[hh]); не контактирующие с гор. А (А + EL + А[hh]); аккумулятивно-элювиальные (AEL[hh]); аккумулятивные криптореликтовые (AU+ AU[hh] + B[hh]); аккумулятивно-переходные (B[hh]). По форме залегания (сплошные, прерывистые, линзовидные, кармановидные и т.п.).

3. Установлен ранне-среднеголоценовый (бореально-атлантический) возраст ОВ всех исследованных типов почвВП, принадлежащих к роду со ВГГ.

4. Обоснованы: парагенезис – параллелизм в развитии – автоморфных, гидроморфных и интразональных почв с ВГГ ВП с наличием нескольких стадий в их формировании, соответствующих определенным, хронологически фиксированным этапам голоцена; ведущая роль климатогенного и сопутствующая роль литолого-геоморфологического фактора в эволюции почв с ВГГ ВП; наличие развивающей (эвтрофной), стирающей с элементами наследующей и агротехногенной стадий в эволюции почв с ВГГ ВП; реликтовость серых почв для современных биоклиматических условий ВП; прогноз дальнейшей деградационной эволюции почв с ВГГ и в целом почвенного покрова ВП; реальность угрозы уничтожения почв с ВГГ под воздействием природных и агротехногенных факторов; включение почв с ВГГ и ПГГ различной типовой принадлежности в педогенную группу памятников природы в статусе редких, уникальных и исчезающих почв.

Литература

1. География Кировской области. Атлас-книга /под. ред. и предисл. Е. А. Колеватых, А. М. Прокашева, Г. А. Русских. Киров: Кир. обл. тип., 2015. 80 с.

2. *Коржинский С. И.* Предварительный отчет о почвенных и геоботанических исследованиях 1886 года в губерниях Казанской, Самарской, Уфимской, Пермской и Вятской. Казань, 1887. 72 с. (Тр. Об-ва естествоиспыт. при Казанском ун-те)

3. *Коржинский С. И.* Северная граница черноземно-степной области воточной полосы Европейской России в ботаническом и почвенном отношении. Казань, 1891. 204 с. (Тр. Об-ва естествоиспыт. при Казанском ун-те, т. 22, вып. 6)

4. *Прокашев А. М.* Почвы со сложным органопрофилем юга Кировской области. Киров, 1999. 176 с.

5. *Прокашев, А. М.* Серые лесные полигенетические почвы Вятского Прикамья. Киров:
Изд-во ВятГГУ, 2006. 187 с.

6. *Прокашев, А. М.* Генезис и эволюция почв бассейна Вятки и Камы (по палеопочвенным данным). Киров: Изд-во ВятГГУ, 2009. 386 с.

7. *Прокашев, А. М., Жуйкова И. А., Пахомов М. М.* История развития почвенно-растительного покрова Вятско-Камского края в послеледниковье. Киров, 2003. 143 с.

8. *Тюлин, В. В.* Почвы Кировской области. Киров: Волго-Вят. кн. изд-во. Киров. отд-ние, 1976. 288 с.

УДК 631.4

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНО–ЧЕРНОЗЕМНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА РОССИИ

Т. Н. Авдеева
Почвенный институт им. В. В. Докучаева, г. Москва,
avdeeva_tn_2013@list.ru

В обзоре литературы в историческом аспекте рассматриваются причины переувлажнения черноземов – наиболее плодородных почв России, вопросы генезиса, классификации, географии, оценки масштабов распространения почв гидроморфного ряда в Центрально-Черноземной зоне России, а также основные направления сельскохозяйственного использования переувлажненных земель.

Ключевые слова: полугидроморфные и гидроморфные почвы ЦЧР.

Введение Гидроморфные почвы являются объектом исследования ученых на протяжении всей истории развития отечественного почвоведения, начиная с первых фундаментальных работ В. В. Докучаева [2], его учеников и последователей [31, 8, 34, 11; 27]. Интерес к вопросам диагностики, генезиса, классификации, географии, мелиорации, экологии и рационального использования гидроморфных почв существенно возрос в последней четверти XX века в связи с обострением проблемы избыточного увлажнения почв в ряде регионов России [5, 10, 21, 29, 33].

Интенсивное переувлажнение почв создает реальную угрозу для земледелия и экологии среды обитания биоты из-за резкого нарушения ландшафтно-геохимических связей, усиления деградационных процессов заболачивания, засоления, осолонцевания, слитизации почв и трансформации почвенного покрова. Избыточное увлажнение почв становится причиной потерь урожая, вывода сотен тысяч гектаров черноземов из сельскохозяйственного использования, что диктует необходимость общей коррекции агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур. Особенно актуальны проблемы, связанные с переувлажнением почв, для территории Центрально-Черноземного экономического района (ЦЧР), где сосредоточено национальное богатство России – «русский чернозем». Именно в этом регионе ведутся наиболее системные и продолжительные наблюдения за изменениями почв, почвенного покрова и факторов почвообразования, в том числе и за теми, которые определяют режим увлажнения почв. Представления о генезисе почв и их классификационной оценке на этой территории менялись более основательно, чем в других ареалах черноземов [2].

Анализ литературы показал, что повышенное увлажнение почв является результатом интегрального воздействия изменившихся антропогенных и природных факторов, формирующих поверхностный и горизонтальный сток влаги. К природным факторам, обуславливающим дополнительное почвенно-грунтовое увлажнение, относятся: (1) повышенное выпадение атмосферных осадков; (2) региональные особенности рельефа, литологии почвогрунтов, которые влияют на глубину залегания грунтовых вод и развитость верховодки; (3) подъем уровня Каспийского моря и обусловленный этим подпор рек [10].

В целом ряде работ периодическое дополнительное почвенно-грунтовое увлажнение рассматривается как фактор эволюции почвенного покрова. Отмечается периодичность в динамике атмосферных осадков и уровня грунтовых вод. Согласно прогнозам потепления климата, в обозримом будущем можно ожидать повышения уровня Мирового океана, общего базиса эрозии, снижения степени дренированности суши, вытаивания мерзлоты и заболачивания почв в высоких широтах [10]. Деятельность человека оказывает мощное прямое и косвенное влияние на развитие почв и трансформацию почвенного покрова. Сооружение водохранилищ и других искусственных водоемов, ирригационных каналов без соответствующей противофильтрационной защиты, прокладка дорог, развитие горной

индустрии, вырубка лесов являются причиной резкого увеличения притока пресных инфильтрационных вод и быстрого подъема уровня грунтовых вод. Переуплотнение почв и образование водоупорных подпахотных горизонтов в почвенном профиле, а также изменения микрорельефа поверхностного горизонта под воздействием сельскохозяйственной техники (формирование сгонно-разгонных полос) способствуют переувлажнению черноземов и других почв ЦЧР [10, 20].

Антропогенная трансформация происходит на фоне цикличной изменчивости природных процессов, которые определяют основные территориальные закономерности размещения почв и их эволюцию. Интегрированное воздействие всех этих факторов определяет быстроту изменений почвенного покрова [26]. Локальное переувлажнение почв ЦЧР отмечалось и прежде [9, 34]. В последние годы существенно расширяются и углубляются представления о гидроморфизме почв и структуре почвенного покрова Центрально-Черноземного района России. При этом наряду с обсуждением массовых проявлений вторичного антропогенного гидроморфизма поступательно пересматривается ареал распространения природных лугово-черноземных и черноземно-луговых почв [13, 30, 4].

Детальный анализ масштабов распространения почв гидроморфного ряда до последнего времени был не возможен по нескольким причинам: недостаточной частости и точечности наблюдений [29]; отсутствия четких генетических подходов и диагностических критериев для выделения гидроморфных и полугидроморфных почв в соответствии с общим развитием почвенной науки [16, 17, 21]. Более точный анализ географии и динамичности общей обводненности территории России стал возможным благодаря использованию спутниковых измерений (методов дистанционного зондирования) и новой субстантивно-генетической классификации [17, 21, 29].

Цель настоящего обзора литературы – отразить современный уровень знаний о причинах переувлажнения, генезисе, классификационной оценке, масштабах распространения почв гидроморфного ряда на территории ЦЧР, о влиянии гидроморфизма на состав, свойства и состояние гидроморфных почв, методиках картографирования и основных направлениях рационального использования переувлажненных земель.

Обсуждение результатов

I. Формирование современных представлений о почвенном переувлажнении и гидроморфизме. Согласно современным представлениям, гидроморфизм почв представляет собой результат временного или постоянного переувлажнения всего почвенного профиля, или его части, когда количество влаги превышает 70–80% полной влагоемкости [23].

Вопросы формирования и функционирования почв в различных гидрологических условиях находились в сфере интересов исследователей с начала зарождения генетического почвоведения и создания первых почвенных классификаций. Так, В. В. Докучаев уже в первой своей генетической классификации 1896 г., основанной на группировке почв по происхождению, местоположению, признакам и свойствам, разделял почвы избыточного и нормального увлажнения и отмечал присутствие почв избыточного увлажнения в поймах рек и в степной зоне [9]. Многие его последователи в той или иной форме считали определяющими гидрологические условия почвообразования. В классификации Н. М. Сибирцева основное деление почв строилось на географическом принципе – на высоком таксономическом уровне выделялись группы зональных, интразональных и азональных почв. Почвы избыточного увлажнения были отнесены к «группе интразональных почв», расположенных пятнами внутри зональных почв вследствие очень сильного влияния локальных факторов [31]. К. Д. Глинка все разнообразие почв разделил на 2 отдела: почвы эктодинамоморфные, в формировании которых основная роль принадлежит внешним факторам, и почвы эндодинамоморфные, свойства которых предопределены характером почвообразующей породы. Эктодинамоморфные почвы были разбиты на шесть классов по степени увлажнения: от оптимального до среднего, умеренного, недостаточного доизбыточного и временно избыточного увлажнения [8]. В основанной

на гидрологическом режиме почв классификации Г. Н. Высоцкого выделялся класс «абсолютно интразональных почв», которые нигде не встречаются как зональные [6]. Дальнейшее развитие идея Докучаева об аналогичных рядах почвообразования, образованных почвами растительно-наземными, сухопутно-болотными и болотными в различных природных зонах, получила развитие в усложненном варианте факторно-генетической классификации С. А. Захарова. Он писал, что «с генетической точки зрения нужно предпочесть объединение типов почв по признаку не географического, а преобладающего фактора». Самые крупные группировки – отделы или классы, которые устанавливаются по преобладающему почвообразователю. Среди климатогенных, органогенных, галогенных, флювигенных, литогенных почв выделялся и *отдел гидрогенных почв* с преобладающим влиянием влаги, приуроченных к понижениям рельефа [11]. Все рассмотренные классификации носили научно-поисковый характер и не могли служить основой для практической деятельности.

Термин «гидроморфные почвы» впервые ввел С. С. Неуструев, понимая под ним почвы избыточного (для данной зоны) увлажнения. С термином "гидроморфный" автор связывал, по сути дела, представление о повышенной влажности почвы. Он полагал, что «гидроморфный процесс» обусловлен «сезонным или постоянным избыточным увлажнением». По С. С. Неуструеву гидроморфные почвы отличаются постоянным или временным переувлажнением, анаэробиозом, нередко гидрогенной аккумуляцией привнесенных веществ в верхних горизонтах профиля [24].

Новый этап в развитии представлений о классификационной принадлежности и разработке диагностических критериев для выделения гидроморфных почв относится к 30-м годам XX века, когда начались работы по составлению Государственной почвенной карты СССР масштаба 1:1 млн. и выработке легенды к ней. В 1936 г. под руководством Л. И. Прасолова была разработана «Схема классификации и номенклатуры основных типов почв зоны подзолистых почв и зоны черноземных почв» – основных земледельческих районов страны [27]. В 1937 г. на 3-ем Международном конгрессе почвоведов была представлена почвенная карта ЕТС в масштабе 1: 1000 000 с переработанной легендой и объяснительным текстом под названием «Почвы СССР». В новой легенде понятия о «зональных» географических типах заменены систематическими, учитывая развитие геохимических теорий в рамках общей зонально-климатической теории, в том числе былозначительно детализировано разделение черноземов на черноземы типичные, черноземы выщелоченные и деградированные, черноземы остаточно- или вторично-карбонатные, солонцеватые или осолоделые почвы. Особо выделены переходные формы черноземов, в том числе: (1) долинные – переходные к аллювиально-луговым; (2) черноземы степных «западин» – переходные к влажнолуговым.

Большой вклад в углубление и расширение наших представлений о гидроморфизме и гидроморфных почвах внесли работы А. А. Роде [28]. Гидроморфными он предлагал называть те почвы, в профиле которых (во всем профиле или только в какой-либо его части) более или менее длительно (т.е. не только в течение того времени, которое необходимо для стекания просачивающейся гравитационной влаги) наблюдается влажность, превышающая наименьшую влагоемкость (НВ). Такой уровень влажности может создаваться подпертой влагой (т. е. влагой капиллярной каймы автохтонных или аллохтонных вод) или подперто-подвешенной. Имразработано представление о «нормальном» и «повышенном» увлажнении почвы, выделенькатегории влажности почвы, раскрта суть процессов почвообразования в условиях временного и постоянного гидроморфизма. Под нормальным увлажнением он понимал процесс поступления влаги в почву только в виде атмосферных осадков и в количестве, не превышающем их суммы, характерной для климата данной местности; под повышенном увлажнением – процесс получения влаги почвойв количестве сверх указанной нормы. В качестве экологического рубежа, разграничивающего влажность «нормальную» и «повышенную» А. А. Роде предложил величину НВ, обосновав его в основном строением почвенно-грунтовой толщи. Почвенно-грунтовое переувлажнение как

составляющий элемент почвенного профиля и одновременно важный фактор почвообразования было впервые признано в «Схеме общей классификации почв СССР» [7]. Почвенно-грунтовый гидроморфизм по своей значимости в почвообразовании был поставлен в один ряд с атмосферным увлажнением, а степень гидроморфизма регистрировалась на типовом уровне (гидроморфные и полугидроморфные почвы). Система гидроморфных почв была представлена в виде рядов, которые как бы пересекали зональные типы. Соответственно, все зональные типы имели свои гидроморфные и полугидроморфные аналоги. Факт переувлажнения «подпочв» на территории ЦЧР долго не учитывался при генетической интерпретации, классификационной оценке и при почвенном картографировании. С 50-х гг. XX в. в почвенном покрове Окско-Донской равнины стали выделять лугово-черноземные почвы в виде небольших ареалов, приуроченных исключительно к плоским водораздельным понижениям, подсклоновым депрессиям и надпойменным террасам. В остальном почвенный покров недренированных водоразделов по-прежнему представлялся господствующими типами автоморфных обыкновенных и выщелоченных черноземов. В 1967 г. эта схемабыла официально утверждена в «Указаниях по классификации и диагностике почв», а в 1977 г. – в «Классификации и диагностике почв СССР». В качестве основного критерия при выделении гидроморфных почв принимался уровень грунтовых вод (> 3,0 м – гидроморфные или луговые; 3,0-6,0 м – полугидроморфные или лугово-черноземные почвы). При этом учитывается поверхностное увлажнение за счет скопления в понижениях влаги поверхностного стока.

Абсолютное преобладание луговых и лугово-черноземных почв на водоразделах Окско-Донской низменной равнины (ОДР) было установлено в ходе координационного маршрута в рамках программы «Черноземы СССР» сотрудниками Почвенного института им. В. В. Докучаева, Воронежского ГУ и Мичуринского СХИ [14, 32, 36]. Полученные материалы представлены в публикациях и на Почвенной карте России масштаба 1:2,5 млн., где впервые в почвенном покрове водоразделов ОДР нашло отражение господство лугово-черноземных почв. Ранее в работах [25, 15] рассматривались почвы с разной глубиной верховодки, неоднократно вскрытой на водораздельных пространствах вне понижений, однако никаких заключений относительно географии лугово-черноземных почвсделаноне было (цитируется по [21]). История исследований лугово-черноземных и черноземно-луговых почв Окско-Донской равнины подробно изложена в монографии [3].

Е. Н. Иванова [13] составила схему предполагаемого распространения луговых и лугово-черноземных почв в подзоне черноземов типичных на Тамбовской равнине. Ею отмечено, что лугово-черноземные почвы, формируясь на водоразделах с уровнем грунтовых вод 3-6 м, в комплексе с луговато-черноземными почвами и пятнами черноземов создают фон почвенного покрова (ПП) к югу от линии Липецк – Тамбов, на недренированных участках с многочисленными западинами ПП представлен различными почвенными сочетаниями с участием или господством луговых почв, на приречных и прибалочных полосах – черноземами выщелоченными, а в южной части низменности – черноземами обыкновенными и типичными.

В период 1970–1980-х гг. продолжились детальные исследования ПП в южной части лесостепной и северной части степной зон. В результате обширных исследований сотрудников Воронежского ГУ (более 100 публикаций Адерихина, Ахтырцевых Б. П. и А. Б. и их соавторов), а также МГУ им. М. В. Ломоносова (Самойловой, Якушевской и их соавторов) было установлено, что в западинах и на прилегающих к ним пространствах ОДР и на Бузулукской равнине распространены черноземно-луговые карбонатные, солончаковые, солонцеватые почвы. Они формируются под луговой растительностью в условиях постоянной связи со слабоминерализованными и минерализованными почвенно-грунтовыми водами гидрокарбонатно-натрий-кальциевого и гидрокарбонатно-магний-кальциевого состава при уровне залегания от 1,5 до 3,0 м. Как правило, в нижней части профиля (на глубине 1–1,5 м) черноземно-луговых почв имеются признаки оглеения, видимые Fe-Mn новообразования и карбонаты, часто легкорастворимые соли и гипс.

В неглубоких понижениях под осиновыми кустами развиваются черноземно-луговые почвы, луговые содовые солонцы и луговые солоди Первое монографическое обобщение по проблеме генезиса, классификации, рационального использования черноземно-луговых почв лесостепной полосысделано Е. М. Самойловой, которая пришла к заключению о значительном участии черноземно-луговых почв в СПП ОДР и ориентировочно определила их площадь в 100 тыс. га [30]. Значительно меньший объем научных публикаций этого периода относится к почвам гидроморфного ряда, формирующихся на территории Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой областей и северной части Тамбовской области. Достаточно полный список публикаций, характеризующих особенности генезиса, свойств и масштабы распространения гидроморфных почв ЦЧР приводится в работах [5, 10].

В последние десятилетия XX в. возрос интерес ученых к изучению гидроморфных почв ЦЧР в связи с увеличением их площадей и необходимостью оценки продуктивности почв [26, 5]. Однако в первое десятилетие XXI в. почвенные исследования практически не проводились из-за экономического кризиса. Едва ли не единственной публикацией по этой теме является работа Трубникова [33] о СПП и продуктивности гидроморфных почв южной лесостепи Тамбовской равнины. Современный этап в изучении гидроморфных почв ЦЧР характеризуется возможностью проведения более масштабных и разносторонних исследований благодаря использованию новой субстантивно-экологической классификации почв России, а также методов дистанционного зондирования.

Согласно «Классификации почв России» диагностика почв должна строиться на морфологических и количественных критериях. Перспективна разработка полевой диагностики гидроморфных черноземовидных почв по новообразованиям, в первую очередь, по их более устойчивым конкреционным формам, формирующимся при определенных гидрологических условиях, не зависящих от случайных годовых колебаний осадков, а также по коэффициенту степени гидроморфизма гумусового горизонта [10]. В одной из последних работ [22] приведены результаты исследования гидроморфных и полугидроморфных почв черноземного ряда мало изученной территории Вороно-Цнинского междуречья Приволжской возвышенности Тамбовской области. Проведена их группировка согласно особенностям морфологического строения, химическим и физико-химическим свойствам с последующей диагностикой в соответствии с существующими субстантивной и факторно-генетической классификациями и авторскими подходами [16, 17, 27, 36]. Показано, что проблема генетической диагностики исследованных почв заключается в слабой проработанности морфологических признаков, выражающих особенности водного режима почв лесостепной зоны. Сложность выбора диагностических показателей объясняется объективными причинами: ослаблением цветового проявления процессов оглеения из-за мощной гумусовой прокраски и нейтральной реакции среды почвенных горизонтов, а также историей развития почв лесостепи, связанной с существенными изменениями условий их увлажнения на протяжении предыдущих и современной эпох почвообразования.

Важнейшая теоретическая проблема современного почвоведения, тесно связанная с развитием биосферного естествознания, – история формирования и эволюции почв. В решении этой проблемы достигнуты значительные результаты и предложены концептуальные модели голоценового педогенеза и эволюции почв для различных природных зон [3]. На основе комплексных почвенно-археологических исследований установлено, чтона территории Среднерусской лесостепив голоцене, особенно в атлантический период, важную роль в почвообразовании играл гидроморфный процесс. Его проявление было неодинаковым на дренированных возвышенностях и низменностях лесостепи Русской равнины. На возвышенностях с меньшей продолжительностью и интенсивностью гидроморфного почвообразования общая схема эволюции черноземов представляется в таком виде: гидроморфные и полугидроморфные аналоги черноземов (атлантический период) → черноземы карбонатные слабозасоленные (суббореальный период) → черноземы типичные и выщелоченные (конец суббореального и субатлантический период). На низменных равнинах гидроморфное почвообразование имело в прошлом и настоящем

более яркое проявление. В условиях большего увлажнения преимущественно из-за близкого к поверхности залегания грунтовых вод, затрудненности поверхностного стока на недренированных междуречьях развитие почв осуществлялось по схеме: гидроморфные и заболоченные почвы лугового ряда (атлантический период) → черноземно-луговые, черноземно-влажнолуговые и лугово-черноземные почвы карбонатные, разной степени засоления и солонцеватости (суббореальный период) → полугидроморфные лугово-черноземные и гидроморфные черноземно-луговые современные почвы с комплексом почв западинных ландшафтов (субатлантический период). К началу II тыс. до н. э. в лесостепи Русской равнины на низменностях сформировались полнопрофильные гидроморфные черноземно-луговые палеосолонцы и солонцеватые палеопочвы в результате наложения солонцеобразования на развивавшийся в период голоценового оптимума черноземно-луговый процесс почвообразования. В дальнейшем наблюдалось усиление выщелачивания, рассолонцевания, а местами и осолодения палеосолонцов, в результате чего они постепенно эволюционировали в современные зональные черноземно-луговые и лугово-черноземные почвы с разной степенью выраженности признаками элювиально-иллювиальной дифференциации профиля

II. География и масштабы распространения почв гидроморфного ряда на территории ЦЧР. ЦЧР включает территорию пяти административных областей: Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Тамбовской. Земельные ресурсы ЦЧО составляют 16,8 млн. га, причем 82% их приходится на долю пахотных сельскохозяйственных угодий (табл. 1).

Таблица 1

Площади территории и сельскохозяйственных угодий ЦЧР [12]

Область, регион	Общая площадь		Пашня	Сенокосы	Пастбища	Многолетние насаждения
	территории, тыс.км^2	угодий, тыс.га	тыс.га			
Белгородская	27,1	2105,6	1654,9	68,0	352,6	30,1
Воронежская	52,4	3999,6	3153.1	144,7	664,3	37,5
Курская	29,8	2392,3	1972,6	167,8	225,1	26,8
Липецкая	24,1	1910,2	1654,9	61,8	165,1	28,4
Тамбовская	34,5	2670,2	2267,4	100,9	270,9	31,0
ЦЧР	167,9	13077,9	10702,9	543,2	1678,0	153,8

II.1. Климат. ЦЧР находится в пределах двух природных зон – лесостепной и степной, занимая часть Среднерусской равнины, Окско-Донской низменной равнины и Приволжской возвышенности. Специфика климатических условий, рельефа и почвообразующих пород предопределяют разнообразие почв ЦЧР и их географию.

Умеренно-континентальный климат района (табл. 2) обусловлен значительной отдаленностью территории от морей и океанов, а такжечередованием вторжений влажных морских и сухих континентальных умеренных воздушных масс. Характерной особенностью климата является умеренно теплоелето, умеренно мягкая и холодная, достаточно снежная зима. Из-за значительной протяженности территории общая континентальность климата возрастает с юго-запада на северо-восток и особенно резко проявляется зимой [18]. В этом же направлении убывает и количество атмосферных осадков. Территория региона характеризуется неустойчивым увлажнением с неравномерным выпадением осадков и значительными колебаниями по годам и сезонам. Из общего количества годовых осадков 60–70% приходится на вегетационный период, однако основной запас влаги создается осадками холодного периода. Наибольший запас продуктивной влаги в метровом слое почвы (100–200 мм) отмечается весной после снеготаяния. Часть его идет на формирование поверхностного стока и верховодки в депрессиях водоразделов. Цикличность выпадения осадков обусловливает и колебание уровня грунтовых вод (УГВ) [2, 10]. Зеркало грунтовых

вод на большей части территории лежит в пределах 3–6 м от поверхности, местами выше 3 м. Более низкий УГВ наблюдается только на высших гипсометрических уровнях расчлененных водоразделов Окско-Донской равнины. Для многих междуречий УГВ в вегетационный период не опускается ниже 3 м, что обеспечивает развитие гидроморфных почв. Минерализация и состав почвенно-грунтовых вод меняется по элементам рельефа. На водораздельных пространствах с незасоленными почвами доминируют пресные гидрокарбонатные-кальциевые воды, а в депрессиях– двууглекислая сода и сульфаты. В зависимости от минерализации и состава почвенно-грунтовых вод в понижениях рельефа формируются содовые, сульфатно-содовые и содово-сульфатные гидроморфные солонцы, а также переувлажненные незасоленные и несолонцеватые почвы. Для глубоких западин, затапливаемых поверхностными водами весной, характерны пресные воды низкой минерализации, слабокислой реакции.

С помощью методов математической статистики выявлена взаимосвязь между основными климатическими показателями ЦЧР и географией преобладающих типов почв, выделено 5 климатических районов (табл. 2). Распространение зональных типов почв на данной территории подчиняется глобально-биоклиматическим закономерностям:
1) широтной и вертикальной зональности, вызванной изменением гидротермических условий с широтой местности на равнинах; 2) фациальности, связанной с изменением увлажнения и континентальности климата по мере удаления от океанических окраин вглубь континента. Горизонтальная зональность особенно хорошо выражена на внутриконтинентальных равнинах [23]. Климатические условия сформировали общие черты географии почв, выраженные в широтной дифференциации почв с принципиально различным строением почвенного профиля [2]. Вариабельность климата отражается в первую очередь на специфике карбонатного и гумусового профилей почв и предопределяет их географию.

Таблица 2

Основные климатические параметры ЦЧР [19, 2]

Климатические районы	Осадки за год, мм	Сумма активных температур за год, град	Среднегодовая температура воздуха, град	Испаряемость, мм
I. Северо-Западный	697	1870	5,0	544
II. Северо-Восточный	624	1715	4,6	600
III. Западный	639	2130	5,5	609
IV. Восточный	601	1911	5,1	667
V. Южный	589	2447	6,4	732

II.2. Рельеф и литология почв. Территория ЦЧО лежит в пределах двух крупных форм макрорельефа: Среднерусской возвышенной и Окско-Донской низменной равнин, центральная и южная части которой именуются Тамбовской низменностью. Абсолютные высоты Среднерусской возвышенности колеблются в пределах 200–250 м. Мезорельеф преимущественно холмисто-увалистый или увалистый. Вся территория возвышенности изрезана густой и глубокой долинно-балочной сетью, донными и склоновыми оврагами. Здесь широко распространены эродированные почвы, а участие почв гидроморфного ряда минимально. Тамбовская низменная равнина имеет спокойную, почти плоскую поверхность с большим количеством западин. Для нее характерно наличие северной и южной покатостейс абсолютными высотами 140–160 м, границы которых примерно совпадают с границами Северо-Восточного и Восточного климатических районов, и переходной водораздельной зоной с абсолютными высотами до 200 м. Территория низменности отличается малой густотой и глубиной долинно-балочного расчленения. Здесь преобладают плоские междуречья, усеянные блюдцеобразными понижениями рельефа. Диаметр блюдец колеблется от 30–40 до 200–400 м при глубине вреза до 1,5 м. По данным дистанционного зондирования количество только крупных западин превышает 1–1,5 шт/км^2. Глубина вреза

и обводненность западин, растительный покров, минерализация грунтовых вод определяют характер их почвенного покрова [2, 18].

Водоразделы сложены мощной толщей рыхлых песчано-глинистых пород мезокайнозойского времени. С поверхности залегают покровные лессовидные суглинки, подстилаемые суглинистой мореной мощностью 10–12 м, оставленной днепровским ледником. Местами на водоразделах и по надпойменным террасам рек встречаются флювиогляциальные и древнеаллювиальные пески. Ниже залегает ергенинская толща песчано-глинистых отложений, относящаяся к верхнему неогену и началу четвертичного периода. Древние отложения представлены песчано-глинистой толщей нижнего мела и юры. Для Тамбовской равнины характерна вертикальная литологическая неоднородность, которая на фоне слабой дренированности водоразделов способствует формированию СПП со значительной долей лугово-черноземных почв.

III. Оценка ресурсов почв гидроморфного ряда. Проблема оценки ресурсов почв гидроморфного ряда на территории ЦЧР весьма остра, т.к. большинство почвенных карт составлено по материалам съемки 30–40-летней давности, поэтому сведения об этих малоизученных почвах либо весьма приблизительны, либо вовсе отсутствуют. Согласно этим материалам, доля лугово-черноземных почв составляет 4,5 % земельных угодий ЦЧР, пойменных луговых – 4,9 %, а черноземно-луговые имеют незначительную площадь [2, 12]. К началу 1980-х годов появились публикации, в которых представлены результаты марщрутных исследований и детального картирования почв на ключевых участках ОДР, убедительно раскрывающие зональные особенности и масштабность распространения лугово-черноземных, луговых и комплекса западинных почв [4]. На территории Воронежской и Тамбовской областей в пределах ОДР выделено 3 подзоны: северная, южная покатости и переходная полоса между ними. Площадь лугово-черноземных почв ОДР, по ориентировочным подсчетам, достигает 1,3–1,5 млн. га. Доля этих почв в структуре почвенного покрова зависит от их принадлежности к подзоне и определенному типу местности: на междуречном недренированном типе – от 36 до 93%, на плакорном типе – 30–68 %, на склоновом – до 53%.

IV. СПП *и рациональное использование полугидроморфных и гидроморфных почв ЦЧР.* В гумидных ландшафтах лесостепи формируется своеобразная СПП, фоновым компонентом которой являются различные гидроморфные почвы, образующие особые переувлажненные земли. К ним относятся земли, расположенные на плоских недренированных пространствах, усеянных многочисленными понижениями, сложенные суглинисто-глинистыми отложениями разной водопроницаемости, характеризующиеся сложной контрастной СПП из гидроморфных черноземно-луговых, черноземно-влажнолуговых и комплекса западинных почв.В рекомендациях по оптимальному использованию переувлажненных земель предложено использовать шкалу степени увлажнения. *Слабопереувлажненные земли*, в СПП которых переувлажненные почвы занимают 10–25 % площади, целесообразно отводить под полевые севообороты с насыщением их многолетними травами и кормовыми влаголюбивыми культурами при условии залужения не менее 20–30 % общей площади, включающей почвы западинного комплекса и переувлажненные периферийные зоны западин. *Среднепереувлажненные земли*с долей в СПП 25–50 % переувлажненных почв следует использовать под кормовые севообороты при условии сплошного залужения 50–60 % площади. *Сильнопереувлажненные земли* с долей в СПП более 50 % переувлажненных почв гидротехническим мелиорациям не подлежат в связи с геоморфологическими особенностями их залегания и режима увлажнения. Оптимальное использование их заключается в сплошном залужении межзападинных плосковогнутых пространств, сохранении и улучшении естественной растительности в понижениях рельефа [5].

Современные методы диагностикии картографирования переувлажненных земель (ПЗ) основаны на принципах ландшафтной индикации. Диагностика ПЗ осуществляется не только наземным способом, но и дистанционными методами – по аэрокосмическим

снимкам с выявлением взаимосвязеймежду компонентами ландшафта и последующей интерпретацией материалов дешифрирования. Определяющими дешифровочными признаками, подтверждающими наличие ПЗ являются: изображения на снимках депрессий рельефа, приуроченных к междуречным пространствам и частота их встречаемости; наличие объектов, связанных с увлажнением земель (озер, болот, мочажин, влаголюбивой растительности); отсутствие оврагов [5].

Для проектирования современных агротехнологий чрезвычайно актуальна агроэкологическая оценка полугидроморфных структур почвенного покрова и разработка критериев агроэкологической оценки земель с такими компонентами. При этом исходным объектом оценки должен выступать вид земель – элементарный ареал агроландшафта [1].

Выводы

1. Обзор научных публикаций за 120-летний период изучения гидроморфных и полугидроморфных почв ЦЧР позволил проследить историю формирования современных представлений об их генезисе, классификации, масштабах распространения и основных направлениях сельскохозяйственного использования. Эти почвы широко распространены на плоских слабодренированных поверхностях Окско-Донской равнины, характеризующихся литологической неоднородностью грунтов, неглубоким уровнем грунтовых вод и затрудненным поверхностным стоком. Их доля в СПП достигает 30–90% в зависимости от принадлежности к подзоне и определенному типу местности.

2. Почвы гидроморфного ряда, являясь фоновыми компонентами СПП, образуют с другими компонентами ландшафта переувлажненные земли, нуждающиеся в глубоком исследовании, разработке диагностики, классификации, картографированиис целью определения новой стратегии природопользования, разработки адаптивных систем земледелия на основе ландшафтно-экологического подхода, совершенствования работ по кадастру и мониторингу земель.

Литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. рук. / под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. М. : Росинформагротех, 2005. 784 с.

2. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / под ред. А. П. Щербакова. Курск, 1996.

3. *Адерихин П. Г., Ахтырцев Б. П., Мусиков К. К.* Земельный фонд Тамбовской области и его качественная оценка. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1974. 182.

4. *Ахтырцев А. Б., Адерихин П. Г., Ахтырцев Б. П.* Лугово-черноземные почвы центральных областей Русской равнины.Воронеж. Изд-во ВГУ, 1981. 176 с.

5. *Ахтырцев А. Б.* Гидроморфные почвы и переувлажненные земли лесостепи Русской равнины : дисс. докт. б. н. Воронеж, 1999.

6. *Высоцкий Г. Н.* Избранные сочинения. Т. I-II. М.: Изд-во АН СССР, 1962.

7. *Герасимов И. П., Завалишин А. А., Иванова Е. Н.* Схема общей классификации почв СССР // Почвоведение. 1942. № 2. С. 55–58.

8. *Глинка К. Д.* Почвоведение. С-Пб., Дервиен, 1908.

9. *Докучаев В. В.* Русский чернозем. // Избр. соч. Т. 1. М.: Сельхозгиз, 1948. С. 21–476.

10. Генезис и деградация черноземов Европейской России под влиянием переувлажнения. Способы защиты и мелиорации / *Ф. Р. Зайдельман и др.* Воронеж: Кварта, 2013. 352 с.

11. *Захаров С. А.* Курс почвоведения. М.–Л.: Сельхозгиз, 1931.

12. *Иванов В. Д., Кузнецова Е. В.* Эрозия и охрана почв Центрального Черноземья России: учеб. пособие. Воронеж: ВГАУ, 2003. 360 с.

13. *Иванова Е. Н.* Классификация почв СССР. М.: Наука, 1976. 227 с.

14. О распространении и генезисе лугово-черноземных почв в ЦЧО / *Е. Н. Иванова и др.* // Классификация почв СССР. М.: Наука, 1976. С.145–155.

15. *Киссис Т. Я.* К вопросу о влагообеспеченности сельскохозяйственных культур на лугово-черноземных почвах // Водный и температурный режим почв : тр. Почв ин-та им. В. В. Докучаева ВАСХНИЛ. М., 1974. С. 57–96.

16. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.

17. Классификация и диагностика почв России / авторы и сост.: Л. Л. Шишов и др. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

18. Климатические ресурсы ЦЧО, Л.: Гидрометеоиздат, 1978. С. 5–9.

19. Климатические ипочвенные границы в пределах черноземной зоны Европейской части СССР / *Т. П. Коковина и др.* // Проблемы почвоведения. 1990.

20. *Лозбенев Н. И., Козлов Д. Н.* Водно-миграционные особенности структурно-функциональной организации целинных лесостепных ландшафтов Среднерусской возвышенности // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны : тез. докл VII съезда об-ва почвоведов им. В. В. Докучаева. 2016. С. 244–245.

21. *Лебедева И. И.* Разнообразие почв Каменной степи в связи с эволюцией генетических и классификационных концепций // Каменная Степь: проблемы изучения почвенного покрова : науч. тр. М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2007. С.72–96.

22. Гидроморфные и полугидроморфные почвы лесостепи Вороно-Цнинского междуречья Приволжской возвышенности: диагностические свойства и классификация / *Е. А. Левченко и др.* // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. М., 2017. Вып. 88. С.3–26.

23. Национальный атлас России. В 4-х т. Т. 2. Природа, экология. Почвенный покров и земельные ресурсы. М., 2007. С. 297–326.

24. *Неуструев С. С.* Элементы географии почв / под ред. Л. И. Прасолова. Посм. изд. М.-Л.: Сельхозгиз, 1930. 240 с.

25. *Никанорова Н. И.* Естественно-исторические условия Каменной степи и основных почвенных разновидностей // Вопросы травопольной системы земледелия. Т. 2. М., 1953. С. 55–204.

26. *Овечкин С. В., Исаев В. А.* Периодически-переувлажненные почвы ЦЧР // Генезис, антропогенная эволюция и рациональное использование почв: Науч. тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. М., 1989. С.18–25.

27. *Прасолов Л. И.* К вопросу о классификации и номенклатуре почв // Труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. Т. 13. М., 1936.

28. *Роде А.А.* Генезис почв и современные процессы почвообразования. М. : Наука, 1984. 255 с.

29. Тренд общей обводненности Европейской части России, выявленный по спутниковым данным GRACE / *И. Ю. Савин и др.* // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. 2016. № 82. С. 28–41.

30. *Самойлова Е. М.* Луговые почвы лесостепи. М.: Изд-во МГУ, 1981. 284 с.

31. *Сибирцев Н. М.* Почвоведение. СПб, 1900.

32. *Трощий А. И.* Почвенно-грунтовые воды Окско-Донской низменности и глубина их залегания // Почвоведение. 1970. № 3. С. 155–159.

33. *Трубников А. В.* Агроэкологическая оценка полугидроморфных структур почвенного покрова южной лесостепи Тамбовской равнины : дис. к.б.н. М., 2009. 155 с.

34. *Тумин Г. М.* Почвы Тамбовской губернии. Ч. 1. Тамбов, 1915. 102 с.

35. Указания по классификации и диагностике почв. Вып. III. М.: Колос, 1967.

36. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps : World Soil Resources Reports No. 106 / World Reference Base for Soil Resources 2014. FAO, Rome, 2014.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

УДК 631.4

УЧЕНИЕ О ТИПАХ ВОДНОГО РЕЖИМА – МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА НАУКИ О ПОЧВЕ

А. М. Прокашев
Вятский государственный университет, г. Киров,
amprokashev@gmail.com

В статье показана руководящая роль учения о типах водного режима для понимания формирования особенностей минеральной, органической, жидкой фазы, поглощающего комплекса, элементарных процессов почвообразования, морфологии профиля, плодородия и географии почв. Материал может быть полезен преподавателям, аспирантам, студентам естественнонаучного профиля – географам, биологам, экологам, агрономам и др.

Ключевые слова: климат, водный баланс и типы водного режима почв.

Введение

Одной из выдающихся заслуг отечественного почвоведения является разработка учения о водном балансе и типах водного режима (ТВР), основоположником которого является сподвижник В. В. Докучаева Георгий Николаевич Высоцкий (1865–1940). В 1892 г. он был участником Докучаевской степной экспедиции в качестве руководителя Велико-Анадольского стационара, где занимался изучением влияния леса на гидрологический режим. Им впервые был рассчитал баланс влаги под лесом и полем, исследовано влияние леса на среду обитания и причины безлесья степей [1]. Им было выделено 4 ТВР: промывной, непромывной, выпотной и мерзлотный. В дальнейшем учение о почвенной влаге и типах водного режима почв обогатил Алексей Андреевич Роде (1896–1979) – основоположник отечественной научной школы почвоведов-гидрологов, автор двухтомного труда «Основы учения о почвенной влаге» (1965, 1969), в котором изложил теорию и методы изучения водного режима почв [2; 3; 4, 5]. Под руководством этого учёного было обосновано выделение целого ряда дополнительных ТВР почв. В настоящее время количество основных ТВР насчитывает более десяти: промывной, периодически промывной, непромывной, аридный (сухой), выпотной, десуктивно-выпотной, водозастойный (водонасыщающий), пойменный, амфибиальный (намывной), мерзлотный, ирригационный и др. Помимо основных, многие типы или подтипы почв формируются при сочетании двух, а иногда и более ТВР. Это определённым образом влияет на протекание в почвах элементарных почвенных процессов (ЭПП) физической, химической, биологической, биохимической природы и отражается на состоянии, твердой, жидкой, газообразной фаз почв. Сказанное весьма важно для понимания происхождения, строения профиля, субстантивных свойств, плодородия и географии почв – в зависимости от протекающих в них ТВР. Оно является путеводной нитью, имеющей руководящее теоретико-методологическое значение, базирующееся на дедуктивном подходе в познании и обладающее прогностической функцией.

Объекты и методы

Объектами исследования являются типы водного режима почв как методологическая основа понимания процессов педогенеза и формирования морфологии профиля, их горизонтного строения, внутренних свойств и пространственного распределения. Метод исследования – анализ влияния ТВР на направленность и процессы почвообразования, состав и мощность генетических горизонтов, гранулометрический и минеральный состав почв, особенности их профильного распределения, органическая фаза, т. е. гумусовое состояние

почв, содержание, запасы, фракционно-групповой состав гумуса, его вертикальное распределение, состав катионов поглощающего комплекса, степень насыщенности основаниями и реакция почв, обеспеченность элементами минерального питания и почвенной влагой определённого качественного состава, географию и местоположение почв.

Обсуждение результатов

Мы руководствовались настоящей методологической основой, и ниже нами показаны последствия влияния некоторых основных ТВР на свойства и географию почв (табл. 1).

Таблица 1

Влияние типов водного режима на почвы

Показатель	Свойства почв
1. Промывной водный режим	
1.1. Процессы почвообразования	Преимущественно элювиальные: подзолистый, лессиваж, выщелачивание; фераллитный. Подчинённая роль биоаккумулятивных процессов
1.2. Мощность профиля и состав генетических горизонтов	Нормальный полноразвитый профиль мощностью до 1,5 м и более: O+(AY) + EL (E) + BT(BF) C
1.3. Тип строения минерального профиля	Элювиальный (регрессивно-, прогрессивно-, равномерно-элювиальный) или элювиально-иллювиальный с частичным или сквозным выносом R2O3, щелочных и щелочноземельных элементов
1.4. Характерные новообразования	Скелетана (SiO_2, SiO_2*nH_2O), Fe-Mgортштейны, примазки, (отрзанды)
1.5. Содержание, запасы, фракционно-групповой состав гумуса и тип гумусового профиля	Малогумусные почвы с низкими запасами гумуса фульватного или бурогуматно-фульватного состава с резкоубывающим (регрессивным) типом гумусового профиля
1.6. Состав катионов поглощающего комплекса	H (+ Al) = Ca + Mg
1.7. Степень насыщенности основаниями и реакция почв	Низкая насыщенность основаниями и сильнокислая и кислая реакция
1.8. Обеспеченность элементами минерального питания и плодородие	Низкая обеспеченность N+P+K и микроэлементами; низкое плодородие
1.9. Обеспеченность и качество почвенной влаги	Обеспеченность достаточная или избыточная, почвенные растворы кислые, бедные Ca и Mg, с повышенным содержанием ионов Al, Mn, Fe и др. катионогенных элементов
1.10. География, местоположение и типы почв	Гумидные природные зоны: тайга, дождевые, влажно-субтропические леса; дренированные местоположения; подзолистые, дерново-подзолистые, подзолы, дерново-подзолы; краснозёмы, красно-желтые и красные ферраллитные почвы
2. Периодически промывной водный режим	
2.1. Процессы почвообразования	Биоаккумулятивные (подстилкообразование, гумусообразование, гумусонакопление, дерновый) в сочетании с элювиальными (лессиваж, слабое выщелачивание)

Показатель	Свойства почв
2.2. Мощность профиля и состав генетических горизонтов	Нормальный полноразвитый профиль мощностью до 1,5 м и более: O + AU (AY) + AUB (AEL) + BT (BI) + C(ca)
2.3. Тип строения минерального профиля	Регрессивно- или равномерно-аккумулятивный с умеренным перераспределением R_2O_3 и слабым накоплениемкарбонатов в нижних горизонтах
2.4. Характерные новообразования	Гумусовые кутаны, скелетана (SiO_2, SiO_2*nH_2O), конкреции углекислой извести (журавчики и т.п.)
2.5. Содержание, запасы, фракционно-групповой состав гумуса и тип гумусового профиля	Средне- (и много) гумусные почвы со средними и высокими запасами гумуса фульватно-гуматного и гуматного состава с постепенно убывающим (регрессивно-изогумусовым и изогумусовым) типом гумусового профиля
2.6. Состав катионов поглощающего комплекса	Ca + Mg+ H
2.7. Степень насыщенности основаниями и реакция почв	Насыщенностьоколо 80% и более; слабокислая (и близкая к нейтральной) реакция
2.8. Обеспеченность элементами минерального питания и плодородие	Средняяи повышенная обеспеченность P+K (+N) и микроэлементами; среднее и высокое плодородие
2.9. Обеспеченность и качество почвенной влаги	Обеспеченность достаточная, почвенные растворы слабокислые, с повышенным содержанием ионов Ca и Mg
2.10. География, местоположение и типы почв	Семигумидные природные зоны: лесостепь, сухие (средиземноморские) субтропические леса, саванны; дренированные местоположения; серые почвы, черноземы лесостепи
3. Непромывной водный режим	
3.1. Процессы почвообразования	Биоаккумулятивные (подстилкообразование, гумусообразование, гумусонакопление, дерновый)
3.2. Мощность профиля и состав генетических горизонтов	Нормальный полноразвитый профиль мощностью до 1–1,5 м и более: O + AU + AUB(ca) + BI(ca) + Cca
3.3. Тип строения минерального профиля	Недифференцированный тип профиля с равномерным распределением R_2O_3 и умеренным накоплением карбонатовв срединных и нижних горизонтах (и гипса в материнской породе)
3.4. Характерные новообразования	Выделения углекислой извести (белоглазка, карбонатный мицеллий и т.п.)
3.5. Содержание, запасы, фракционно-групповой состав гумуса и тип гумусового профиля	Много-и среднегумусные почвы с высокими (или средними) запасами гумуса гуматно-кальциевого состава с постепенно убывающим и равномерным (изогумусовым) типом гумусового профиля
3.6. Состав катионов поглощающего комплекса	Ca + Mg (+ Na)
3.7. Степень насыщенности	Насыщенностьоколо 100 %; нейтральная и слабощелочная реакция

Показатель	Свойства почв
основаниями и реакция почв	
3.8. Обеспеченность элементами минерального питания и плодородие	Высокая обеспеченность P+K (+N) и микроэлементами; высокое (и среднее) плодородие
3.9. Обеспеченность и качество почвенной влаги	Обеспеченность недостаточная, почвенные растворы жесткие, нейтральные с повышенным содержанием ионов Ca и Mg
3.10. География, местоположение и типы почв	Семиаридные природные зоны: степь, сухие (средиземноморские) субтропические леса; дренированные местоположения; чернозёмы степей, каштанозёмы сухих степей
4. Аридный водный режим	
4.1. Процессы почвообразования	Биоаккумулятивные (гумусообразование, гумусонакопление); элювиальные (солонцовый); коркообразование
4.2. Мощность профиля и состав генетических горизонтов	Нормальный укороченный профиль мощностью менее 1 м: (O)/(Kca) + AJca + (AJBca) + Bca (sn, cs) + Cca, cs
4.3. Тип строения минерального профиля	Элювиально-иллювиальный тип профиля: неравномерное распределение R_2O_3 с накоплением карбонатовв профиле и гипса в нижних (и срединных) горизонтах
4.4. Характерные новообразования	Выделения углекислой извести (белоглазка, карбонатный мицеллий и т.п.), гипса, (водорастворимых солей)
4.5. Содержание, запасы, фракционно-групповой состав гумуса и тип гумусового профиля	Малогумусные почвы с низкими запасами гумуса гуматно-фульватного состава с резко убывающим (регрессивным) типом гумусового профиля
4.6. Состав катионов поглощающего комплекса	Ca + Mg + Na
4.7. Степень насыщенности основаниями и реакция почв	Насыщенность 100 %; щелочная реакция
4.8. Обеспеченность элементами минерального питания и плодородие	Высокая обеспеченность P + Ки микроэлементами; низкое плодородие ввиду аридного климата
4.9. Обеспеченность и качество почвенной влаги	Острый дефицит влаги в почве вплоть до воздушно-сухого состояния в летний период; почвенные растворы жесткие, щелочные с наличием и/или повышенным содержанием водорастворимых солей, ионов Ca, Mg и Na
4.10. География, местоположение и типы почв	Аридные природные зоны: полупустыни и пустыни умеренного, субтропического и тропического пояса; дренированные местоположения; бурые полупустынные, серо-бурые пустынные и т. п.
5. Выпотной водный режим	
5.1. Процессы почвообразования	Гидрогенно-аккумулятивные(засоление); Внутрипочвенное выветривание (оглеение); биоаккумулятивные (гумусообразование)

Показатель	Свойства почв
5.2. Мощность профиля и состав генетических горизонтов	Нормальный укороченный профиль мощностью около 1 м: S + Gs + CGs
5.3. Тип строения минерального профиля	Недифференцированный тип профиля: равномерное распределение R_2O_3 с накоплением водорастворимых солей, гипса и карбонатов в профиле
5.4. Характерные новообразования	Выделения водорастворимых солей, гипса, углекислой извести, гидроксидов $FeO*nH_2O$
5.5. Содержание, запасы, фракционно-групповой состав гумуса и тип гумусового профиля	Малогумусные почвы с низкими запасами гумуса гуматно-фульватного и фульватного состава с резко- и постепенно убывающим (регрессивным) типом гумусового профиля
5.6. Состав катионов поглощающего комплекса	Na + Mg + Ca
5.7. Степень насыщенности основаниями и реакция почв	Насыщенность 100 %; сильнощелочная реакция
5.8. Обеспеченность элементами минерального питания и плодородие	Высокая обеспеченность P + K и анионогенными (аридокатными) микроэлементами; низкое плодородие ввиду избыточного содержания водорастворимых солей
5.9. Обеспеченность и качество почвенной влаги	Избыточное содержание почвенной влаги и водорастворимых солей ($MgCl_2$), Na_2SO_4, Na_2CO_3 и др.
5.10. География, местоположение и типы почв	Аридные природные зоны: полупустыни и пустыни умеренного, субтропического и тропического пояса; не дренированные (гидроморфные) местоположения; солончаки
6. Водозастойный водный режим верхового типа	
6.1. Процессы почвообразования	Биоаккумулятивные (подстилкообразование, торфообразование, гумусообразование); внутрипочвенное выветривание (оглеение);
6.2. Мощность профиля и состав генетических горизонтов	Различная мощность профиля (в зависимости от длительности и интенсивности торфяно-глеевого процесса): TO + TT^o + G + Cg
6.3. Тип строения минерального профиля	Недифференцированный с высоким содержанием гидроксидов 2-валентного железа
6.4. Характерные новообразования	Налёты соединений $FeO*nH_2O$ в глеевом горизонте
6.5. Содержание, запасы, фракционно-групповой состав гумуса и тип гумусового профиля	Высокое содержание и запасы гумуса фульватного состава с регрессивным типом гумусового профиля
6.6. Состав катионов поглощающего комплекса	H + Ca + Mg
6.7. Степень насыщенности основаниями и реакция почв	Низкая насыщенность основаниями и сильнокислая реакция

Показатель	Свойства почв
6.8. Обеспеченность элементами минерального питания и плодородие	Низкая обеспеченность доступными формам N+P+K; низкое плодородие
6.9. Обеспеченность и качество почвенной влаги	Избыточное содержание воды, почвенные растворы сильнокислые, бедные Ca и Mg, с высоким содержанием ионов H, Fe(II) и др. катионогенных (гумидокатных) элементов
6.10. География, местоположение и типы почв	Гумидные природные зоны: тайга (смешанные леса, лесостепи); не дренированные верховые водораздельные местоположения (плакоры); торфяные олиготрофные почвы
7. Водозастойный водный режим низинного типа	
7.1. Процессы почвообразования	Биоаккумулятивные (подстилкообразование, торфообразование, гумусообразование); внутрипочвенное выветривание (оглеение);
7.2. Мощность профиля и состав генетических горизонтов	Различная мощность профиля (в зависимости от длительности и интенсивности торфяно-глеевого процесса): TO + TT^{э} + G + Cg(ca)
7.3. Тип строения минерального профиля	Недифференцированный с высоким содержание гидроксидов 2-валентного железа ($FeO*nH_2O$) в глеевом горизонте (и наличием углекислой извести в материнской породе)
7.4. Характерные новообразования	Налёты соединений $FeO*nH_2O$ в глеевом горизонте (и выделений углекислой извести)
7.5. Содержание, запасы, фракционно-групповой состав гумуса и тип гумусового профиля	Высокое содержание и запасы гумуса фульватно-гуматного состава с регрессивным типом гумусового профиля
7.6. Состав катионов поглощающего комплекса	Ca + Mg + H
7.7. Степень насыщенности основаниями и реакция почв	Высокая насыщенность основаниями и слабокислая или близкая к нейтральнойреакция
7.8. Обеспеченность элементами минерального питания и плодородие	Повышенная обеспеченность N + P + K; высокое потенциальное плодородие
7.9. Обеспеченность и качество почвенной влаги	Избыточное содержание воды, почвенные растворы слабокислые, близкие к нейтральным, с повышенным содержанием ионов Ca, Mg, Fe(II)
7.10. География, местоположение и типы почв	Гумидные природные зоны: тайга (смешанные леса, лесостепи); не дренированные низинные гидроморфные местоположения; торфяные эутрофные почвы
8. Мерзлотный водный режим	
8.1. Процессы почвообразования	Биоаккумулятивные (подстилкообразование, гумусообразование); педотурбационные (криотурбация), (внутрипочвенное выветривание (оглеение))
8.2. Мощность профиля и состав генетических горизонтов	Различная мощность профиля (в зависимости от толщины деятельного слоя): O + OAY + B (H, F) + C //O + CRM + //O(AO) + CR + C
8.3. Тип строения	Недифференцированный

Показатель	Свойства почв
минерального профиля	
8.4. Характерные новообразования	Налёты соединений $Fe_2O_3*nH_2O$ или $FeO*nH_2O$ в контактно-глеевом горизонте
8.5. Содержание, запасы, фракционно-групповой состав гумуса и тип гумусового профиля	Низкое или среднее (в зависимости от состава материнской породы) содержание и запасы гумуса фульватного или фульватно-гуматного состава с резко- или постепенно убывающим (регрессивным) типом гумусового профиля
8.6. Состав катионов поглощающего комплекса	Ca + Mg + H
8.7. Степень насыщенности основаниями и реакция почв	Низкая или средняя (в зависимости от состава материнской породы) насыщенность основаниями и кислая, слабокислая или близкая к нейтральной реакция
8.8. Обеспеченность элементами минерального питания и плодородие	Низкая или средняя обеспеченность P + K; низкое или среднее потенциальное плодородие
8.9. Обеспеченность и качество почвенной влаги	Достаточное содержание воды за счёт мёрзлых грунтов, почвенные растворы от кислых до близких к нейтральным (в зависимости от состава материнской породы), с низким или умеренным содержанием ионов Ca, Mg, (и Fe (II))
8.10. География, местоположение и типы почв	Резкоконтинентальныесекторы зоны тайги, лесотундры (и нивальных горных поясов); дренированные междуречные и т.п. местоположения; группа типов криометаморфических, криогенных мерзлотно-таёжных почв (мерзлотно-таёжные подбуры, мерзлотно-таёжные палевые, криозёмы и т. п.)

Краткий обзор и ограниченная степень изученности конкретных водных балансов не позволяют более подробно рассмотреть особенности влияния всего комплекса выявленных в настоящее время типов водных режимов на функционирование и свойства почв в зависимости от биоклиматических и геолого-геоморфологических условий. Однако они позволяют сделать ряд важных в теоретико-методологическом отношении выводов, изложенных ниже.

Выводы

Краткий анализ последствий влияния на почвы некоторых из числа упомянутых, характерных для территории России типов водного режима, даёт тем не менее зримое представление о важной методологической роли учения о почвенной влаге, водном балансе и водных режимах, разработанных главным образом отечественными учёными, для понимания тесной связи между экологией почвообразования, направленностью элементарных почвенных процессов биогенно-аккумулятивной, элювиально-иллювиальной, гидрогенно-аккумулятивной, педометаморфической и иной природы и их отражением во внешнем облике и внутренних свойствах почв.

Это фундаментальное учение подтверждает справедливость сопоставления роли почвенной влаги с ролью крови в человеческом организме, рельефно раскрывая сущность последствий движения почвенных растворов в определённых биоклиматических и геолого-геоморфологических обстановках на типы почвообразования (выщелачивание, гумусообразование, десиликация, выветривание и глинообразование и др.), быстрые, среднескоростные и медленные элементарные почвообразовательные процессы

трансформации минеральной, органической, жидкой, а также газообразной фазы, морфологию, субстантивные свойства и географию почв.

Оно имеет исключительно важное значение в практике учебной работы вузовских преподавателей естественнонаучного направления – почвоведов, географов, биологов, экологов, агрономов, землеустроителей и других специалистов родственного профиля – поскольку служит для студентов своего рода «нитью Ариадны» в познании разнообразных и вполне закономерных сложных физических, химических, физико-химических, биохимических взаимосвязей и взаимодействий между абиотическими и биотическими компонентами почвы как биокосного естественноисторического тела природы.

По существу, на это учение с полным основанием могут быть возложены дедуктивная и прогностическая функции, позволяющие предсказывать свойства почв, мало исследованных в почвенном отношении регионов земного шара, с одной стороны, а с другой, предсказывать направленность возможных их изменений в пределах различных природных зон в случае естественных или антропогенных изменений климата в близком или отдалённом будущем.

Литература

1. *Высоцкий Г. Н.* Избранные труды. М.: Сельхозгиз, 1960. 435 с.

2. *Ковда В. А.* Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. Кн. 2. М. Наука, 1973. 468 с.

3. *Роде А. А.* Основы учения о почвенной влаге. Т. I. Водные свойства почв и передвижение почвенной влаги. Л.: Гидрометеоиздат, 1965. 664 с.

4. *Роде А. А.* Основы учения о почвенной влаге. Т. II. Методы изучения водного режима почв. Л., Гидрометеоиздат, 1969. 286 с.

5. *Роде А. А.* Вопросы водного режима почв. Л., Гидрометеоиздат, 1978. 213 с.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА И ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ

УДК 56:551.312.3:551.796

ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ДОЛИНЫ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. КУИ В ГОЛОЦЕНЕ*

М. Н. Буравская, Т. И. Марченко-Вагапова
Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
В. А. Исаков, Н. Н. Воробьев
СГУ им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар
buravskaya@geo.komisc.ru

Комплексом литологических методов и палинологическим анализом изучены отложения современного пойменного покрова в долине нижнего течения р. Куи на северо-западе Большеземельской тундры. Реконструированы природно-климатические условия формирования отложений голоцена.

Ключевые слова: палеогеография, голоцен, палинология, природно-климатические обстановки, пойма.

Введение

Развитие почвенного покрова в условиях тундры обусловлено низкими температурами, коротким летом и широким распространением многолетнемерзлых пород, что накладывает определенный отпечаток на многие сферы жизнедеятельности человека на Севере. Учитывая современные разработки и задачи, направленные на освоение российской Арктики, это вызывает особый интерес для решения социально-экономических проблем, связанных со специфическими условиями жизни в зоне крайнего Севера.

Цель работы – выявление палеогеографических особенностей и условий формирования современного покрова в субарктических районах Европейского Севера России.

Объект и методы

Исследования проведены в долине нижнего течения р. Куи. Начало река берет от слияния рр. Вой-Вож и Воргашор, течет в северном направлении по северо-западной окраине Большеземельской тундры и впадает с правой стороны в протоку Куйский шар реки Печоры севернее Нарьян-Мара.

Ландшафтно-климатические условия формирования осадков выявлены при их фациально-генетическом расчленении на основе текстурных и структурных особенностей и палинологическом изучении торфа. Структурный состав изучался гранулометрическимметодом с применением ситового и пипеточного методов по Н. А. Качинскому [2]. Химическая обработка образцов для палинологического анализа выполнялась с использованием общепринятых методик [1, 5, 6]. Изучение спор и пыльцы проводилось с помощью световых микроскопов «Motic BA 300» при увеличениях 280 и 420. Для каждой пробы подсчитывалось более 250 пыльцевых зерен. Основой периодизации голоцена послужила схема зонального деления голоцена Л. Д. Никифоровой [4].

Обсуждение результатов

Формирование долины и образование пойменного покрова в голоцене происходило за счет денудации послеледниковой террасы. Относительная высота террасы 8,0-8,5 м.

* *Исследования выполнены при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 15-18-5-41 «Квартер Арктических районов Европейского Северо-Востока России: седиментогенез, стратиграфия, палеогеография, полезные ископаемые».*

В основании террасы – цоколь, высотой 0,5–0,7 м, представленный темно-серым суглинком, плотным с тонкими прослоями ожелезненного песка. Аккумулятивная часть террасы – аллювий, сложена песками светлыми, горизонтально- и наклонно слоистыми мощностью 5,5–6,5 м [3]. На поверхности террасы распространены возвышенные участки, переработанные эоловыми процессами, и заболоченные ложбины. В условиях хорошего дренажа формируются тундровые оподзоленные иллювиально-гумусовые почвы. На переувлажненных участках развитие почв происходит по глеево-болотному типу. Среди произрастающей растительности распространены заросли карликовой березы (ерники), а также ива, багульник, можжевельник. Развит моховой и лишайниковый покров, широко представлены кустарнички, разнотравье, болотные растительные комплексы.

В районе исследованного участка (рис. 1) река хорошо меандрирует и образует серию сегментных излучин. Пойма представлена набором изогнуто-гривистых сегментов, на которых выделяются возвышенные гривистые участки, ложбины и старицы, указывающие на конечные положения русла перед спрямлением. По морфологии выделяется сегментно-гривистая пойма, сформированная в результате смещения по дну долины крутых меандров петлеобразной формы, которые образуют право и левосторонние староречья (см. рисунок), а также сегментно-гривистая пойма, образованная при развитии меандров современного русла.

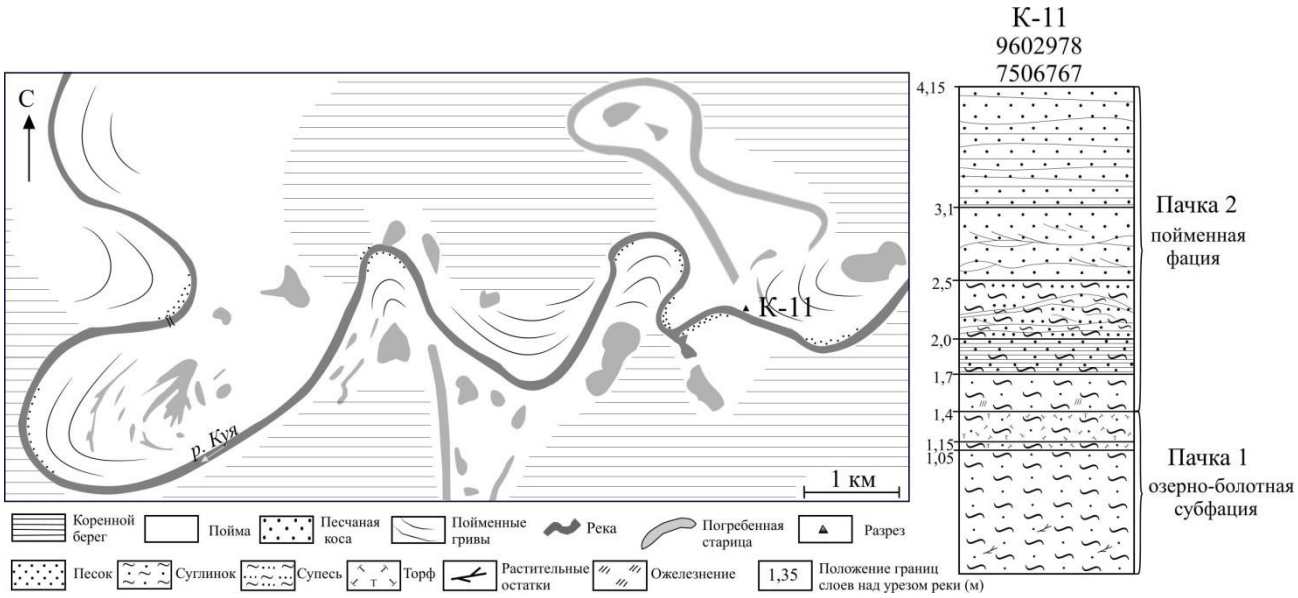


Рис. 1. Геоморфологическая схема участка исследований и литологическая колонка разреза К-11

По литологическим особенностям в строении пойменного покрова выделяются две группы фаций аллювия: пойменная фация, представленная субфациями прирусловых валов, приречной и внутренней пойм и старичная фация. Прирусловые валы сложены средне- и мелкозернистыми песками светло-серыми с единичными включениями гравия и тонкими прослоями глинистого материала. При наращивании валов пески утоняются и переходят в супесь коричневую или суглинок темно-коричневый, характерные для субфаций приречной и внутренней пойм. Развитие старичных озер приводит к накоплению глины и торфа.

Палино- и литостратиграфическое расчленение проведено в обнажении К-11, протяженностью около 100 м, находящемся на правом берегу р. Куи. Генезис осадков связан с развитием старичного водоема, образованного при спрямлении меандра в результате прорыва его шейки. В настоящее время староречье представляет собой озеро вытянутой омеговидной формы, расположенное в глубине поймы. Современное русло подрезает

старичные осадки, что делает возможным их литологическое описание и опробование (см. рисунок).

Нижняя часть разреза (пачка 1, слои 1–3) мощностью 1,4 м представлена озерно-болотной субфацией старичного аллювия и соответствует озерной и болотной стадиям развития озера, выделенных Е.В. Щанцером (1951). Нижняя часть пачки 1 мощностью 1,05 м представлена суглинком серо-сизым, вязким, однородным с редким растительным детритом. Перекрывает суглинок слой горизонтально переслаивающегося песка серого тонкозернистого и торфа суглинистого хорошо разложившегосямощностью 0,1м. Прослои песка составляют 1,5–2 см, а торфа до 4 см. Выше слоистость становится неясной, преобладает торф суглинистый серо-черный, мощностью 0,25 м. Выше лежат осадки пойменной фации, мощностью 2,45 м (пачка 2, слои 4–8). Слой 4 мощностью 0,3 м сложен суглинком серо-коричневым, плотным, вязким, ожелезненным переходящий в слой 5, представленный горизонтальным переслаиванием суглинка коричневого, ожелезненного и песка мелкозернистого рыжего, мощностью так же 0,3 м. В слое 6 мощностью 0,5 м осадки утоняются, переходят в супесь с горизонтальной, волнистой, горизонтально-прерывистой слоистостью проявляющейся за счет изменения цвета супеси от серой, серо-коричневой до светло-коричневой связанным с содержанием суглинистого материала. Следующие 0,6 м (слой 7) представлены песком средне- мелкозернистым светло коричневым с линзами песка глинистого темно-коричневого. Вверх по разрезу (слой 8 мощностью 1,05 м) происходит изменение структуры залегания песка. Тонкое горизонтальное и горизонтально-волнистое чередование песка светло-коричневого мелкозернистого и песка глинистого темно-коричневого. В верхних 0,3 м слоя текстура осадков нарушена корнями современных растений и переработана в почву лугового типа.

На пойме широко представлены растения семейства злаковых и разнотравья. Вдоль реки произрастают ивы, березы, ольха. В пониженных переувлажненных участках поймы произрастают водно-болотные растения.

Из отложений слоев 1–5 отобраны образцы на спорово-пыльцевой анализ. Во всех пробах обнаружены споры и пыльца. В результате проведенного анализа выделено пять спорово-пыльцевых комплексов.

В общем составе спорово-пыльцевого комплекса I превалируют споровые растения (более 61%). Пыльца древесных пород составляет до 32,8%, трав – более 14%. Среди древесных форм доминируют мелколиственные породы, в первую очередь виды рода *Betula* sp.: *Betula*sect. *Fruticosae* преобладает (более 32%), участие *Betula nana* составляет до 16,5% и *Betula* sect. *Albae* – 13%. Доля хвойных пород *Picea* sp., *Pinus sylvestris* достаточно велика. Отмечена ольха *Alnus* sp., ива *Salix* sp., ольховник *Alnaster* sp.Среди пыльцы травянистых преобладает пыльца злаков (почти 20%), встречены осоки Cyperaceae, полыни *Artemisia* sp., маревые Chenopodiaceae, Ericaceae/Vacciniaceae. Состав мезофильного разнотравья представлен видами семейств Polygonaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Caryophyllaceae, Apiaceae, Asteraceae, Polemoniaceae, Rubiaceae, Cichoriaceae, Brassicaceae и другими. Среди споровых растений господствуют *Sphagnum* sp. (54%) и папоротники из сем. Polypodiaceae (почти 40%). Остальные отмечены в значительно меньшем количестве: плауны *Lycopodium* sp., *L. clavatum, L. complanatum, L. appressum, L. annotinum,* а также виды *Botrychium* sp., *Pteridium* sp., *Selaginella selaginoides.*

Таким образом, на данной территории господствовали разреженные лесные группировки из березы и ели, с участием сосны. В кустарниковом ярусе развивались сфагново-ерниковые сообщества – заросли кустарниковых берез, ив, ольховника с напочвенным покровом из сфагновых мхов, на открытых участках распространялись луга и папоротниковые сообщества.

В спорово-пыльцевом комплексе II пыльца древесных растений и спор составляют примерно равные доли (39–42%), выше по разрезу участие древесных форм постепенно возрастает. Трав отмечено более 19%. В группе древесных основной состав видов и структура сохраняется. Встречено единичное зерно липы *Tilia* sp. – тонкое, скорее всего

переотложенное. Состав пыльцы травянистых растений сохраняет свое разнообразие. Превалирует пыльца Poaceae, ее количество достигает 29%, затем резко уменьшается. Отмечены Cyperaceae, Ericaceae/Vacciniaceae, единична пыльца ксерофитов (*Artemisia* sp., Chenopodiaceae). Мезофильное разнотравье представлено семействами Polygonaceae, Rosaceae, Ranunculaceae, Primulaceae, Apiaceae и другими. Среди споровых растений господствуют папоротники из сем. Polypodiaceae (почти 56%) и *Sphagnum* sp. (более 41%). Остальные отмечены в значительно меньшем количестве.

Палинологический спектр этой зоны свидетельствует о том, что на территории происходило дальнейшее распространение лесных и кустарниковых группировок, состоящих в основном из березы, с примесью ели, сосны, ольхи.

В спорово-пыльцевом комплексе III преобладают древесные растения (54%) и травы (до 46%). Количество спор невелико. Среди древесных форм по-прежнему доминируют виды рода *Betula* sp.: *Betula* sect. *Albae* возрастает почти до 33%, доля *Betula* sect. *Fruticosae* снижается (до 22-25%), *Betula nana* – до 3%. Количество пыльцы хвойных увеличивается: пыльцы *Picea* sp. встречено около 17%, *Pinus sylvestris* – почти 15%. Достаточно большое участие принимает пыльца*Alnus* sp. (около 8%). В небольших количествах отмечена пыльца *Salix* sp., *Alnaster*sp. Единично встречена пыльца представителей неморальной флоры: *Ulmus* sp. и *Tilia* sp. Состав травянистых растений довольно разнообразен. Превалирует пыльца Cyperaceae (20%) и Poaceae (почти 19%). Присутствуют Chenopodiaceae, *Artemisia* sp., Ericaceae/Vacciniaceae. Разнотравье представлено Ranunculaceae, Brassicaceae, Saxifragaceae, Rosaceae, Polygonaceae, Apiaceae, Asteraseae, Primulaceae и др. Отмечены представители влаголюбивой Menyanthaceae. Среди споровых растений доминируют зеленые мхи (*Bryales* sp., лесные представители, торфообразователи) их численность очень велика. Среди других отмеченных спор доминируют папоротники сем. Polypodiaceae (более 58%). В меньших количествах присутствуют *Sphagnum* sp., плауны, *Botrychium* sp., *Pteridium* sp., *Selaginella selaginoides.*

Происходило развитие елово-березовых лесов с примесью ольхи и ивы. В составе лесных сообществ единично принимали участие широколиственные вяз и липа, на почвенном покрове распространены зеленомошники. На открытых территориях развивались папоротники и луговые ценозы.

В спорово-пыльцевом комплексе IV преобладает пыльца древесных пород. Доля трав вверх по разрезу уменьшается до 20%, споровых растений встречено 13–24%. Среди древесных форм превалируют виды семейства Betulaceae. Среди них основное количество составляет пыльца *Betula* sect. *Albae* (около 30%), меньше отмечено *Betula* sect. *Fruticosae* (22%), ольхи содержится до 16%. Значительное участие в составе комплексов принимает пыльца хвойных. Единично встречена *Abies* sp. Среди широколиственных пород отмечены единичные представители *Ulmus* sp. В группе травянистых растений доминирует пыльца Cyperaceae (до 28%). Отмечены Poaceae, Chenopodiaceae, *Artemisia* sp., Ericaceae/Vacciniaceae. Доля мезофильного разнотравья уменьшается. Встречены Ranunculaceae, Polygonaceae, Primulaceae, Rosaceae, Apiaceae, Cicoriaceae, Brassicaceae и др. Отмечен влаголюбивый *Polygonum amphibium*. Среди споровых растений господствующее положение занимают то *Sphagnum* sp., то папоротники из сем. Polypodiaceae. Встречены плауны *Lycopodium* sp., *L. clavatum, L. complanatum, L. selago, L. annotinum,* а также виды *Botrychium* sp., *Pteridium* sp., *Selaginella selaginoides.*

Таким образом, в это время лесная растительность занимала, по-видимому, господствующее положение. Широкое развитие получили таежные леса с господством березы и ели, со значительным участием сосны с примесью ольхи и ивы. Единично присутствовали широколиственные породы. Развиты травянистые ассоциации из мезофильного разнотравья.

В спорово-пыльцевом комплексе V основную долю составляет пыльца древесных растений (более 59%). Количество трав составляет около 25%, спор – до 20%. Среди пыльцы древесных доминирует *Betula* sect. *Albae* (33%). Участие *Picea*sp. возрастает до 22%,

количество пыльцы *Pinus sylvestris* составляет почти 18%. Широколиственных пород не отмечено. Состав травянистых растений в целом сохраняется. Осоки преобладают (более 30%). Отмечены злаки, полыни, маревые. Разнотравье представлено Ranunculaceae, Rosaceae, Polygonaceae, Asteraseae, Apiace и др. Встречена пыльца влаголюбивого *Nuphar* sp. Среди споровых господствуют папоротники и сфагнум. Содержание других компонентов невелико.

Данный спорово-пыльцевой спектр отражает развитие елово-сосновых, елово-березовых, березовых лесов. Открытые участки местообитаний были заняты луговыми ценозами.

Таким образом, изучение материалов палинологическим методом позволило, с достаточной долей вероятности установить, что время формирования отложений слоев 1–5 относится к среднему атлантическому (At-2) – суббореальному (Sb) периодам голоцена.

Выводы

Таким образом, по результатам литологического и палинологического изучения отложений в долине нижнего течения р. Куи выявлены палеогеографические обстановки формирования современного пойменного покрова. Реконструированы природно-климатические условия, что позволило проследить развитие ландшафтав голоцене.

Палинологические комплексы, выделенные из отложений, предположительно сформированных во время среднего атлантического периода (At-2), указывают на господство разреженных лесных группировок из березы и ели, с участием сосны и ольхи. В кустарниковом ярусе развивались ерниковые сообщества – заросли кустарниковых берез, ив, ольховника с напочвенным покровом из сфагновых мхов. На открытых участках распространялись луга и папоротниковые сообщества.

Во время позднего атлантического периода (At-3) на исследуемой территории широкое развитие получили таежные леса с господством березы и ели, со значительным участием сосны с примесью ольхи и ивы. В составе лесных сообществ единично принимали участие пихта и широколиственные вяз и липа. Под пологом ельников были распространены зеленомошники. На открытых участках произрастали папоротники и травянистые ассоциации из мезофильного разнотравья.

В суббореальный период (Sb) произрастали елово-сосновые, елово-березовые и березовые леса. Господствовали папоротники и сфагновый мох.

Проявившиеся изменения растительных сообществ достаточно достоверно отражают колебания климатических условий, выделяется климатический оптимум позднеатлантического периода, в течение которого распространялись таежные леса с участием представителей неморальной флоры, что согласуется с данными предшественников [4].

Литература

1. *Гричук В. П., Заклинская Е. Д.* Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: ОГИЗ ГЕОГРАФГИЗ, 1948. 224 с.

2. *Качинский Н. А.* Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М., 1958. 192 с.

3. *Лавров А. С., Потапенко Л. М.* Неоплейстоцен Печорской низменности и Западного Притиманья (стратиграфия, палеогеография, хронология). М., 2012. 191 с.

4. *Никифорова Л. Д.* Динамика ландшафтных зон голоцена северо-востока Европейской части СССР // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1982. С. 154-162.

5. Пыльцевой анализ. М. : Гос. изд-во геолог. лит., 1950. 571 с.

6. *Erdtman G.* Erdtman's Handbook of Palynology. 2-nd ed. / Ed. S. Nilsson, J. Praglowski. Copenhagen, 1992. 580 p.

УДК 631.44

ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА И ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПУГОВОГО УРОЧИЩА ВОСТРОВО

И. А. Вартан, М. А. Кельдышев, А. А. Крысов, У. А. Стародумова, А. М. Прокашев
Вятский государственный университет, г. Киров,
ia_vartan@vyatsu.ru

Статья посвящена характеристике фациальной структуры и почвенного покрова пугового урочища, расположенного в северной части Вятско-Камского Предуралья в окрестностях д. ВысоковоБелохолуницкого района Кировской области. Авторы рассматривают особенности геоморфологии, литологии почвообразующих отложений и почвенно-растительного покрова урочища.

Ключевые слова: морфологическая структура ландшафта, почвенно-растительный покров, песчано-гравийные холмы.

Введение

На обширной территории Волго-Вятского края встречаются многочисленные холмы и гряды округлой или вытянутой формы, сложенные гравийно-галечными отложениями. Данные образования получили местное название «пуги». Они наиболее характерны для бассейна р. Вятки, реже встречаются в бассейнах верхней и нижней Камы, а также в Марийском и Нижегородском Заволжье и на северо-востоке Приволжской возвышенности [4]. Пуговые холмы расположены преимущественно на водоразделах и обычно являются самыми высокими участками междуречий. В некоторых случаях встречаются сходные по строению придолинные образования, в том числе обособленные от водоразделов плейстоценовыми балками и заметные в рельефе как наиболее высокие берега небольших рек [2]. Пуги имеют небольшую относительную высоту (не более 30 м) и округлые или овальные вершины (рис. 1), вытянутые в направлении водораздельной линии. Такие холмы обычно имеют схожее асимметричное строение [1; 3]: сильнопокатые склоны (до 15°), зачастую переходящие в склоны глубоких балок, сочетаются с более пологими поверхностями, постепенно сливающимися с водоразделом. Площадь холма может составлять от 1 до 5 км^2.

Рис. 1. Пуговый холм в Унинском районе Кировской области

Пуговые холмы сложены песчано-гравийно-галечным рыхлым наполнителем или, реже, мореноподобными валунно-суглинистыми отложениями [5; 6]. Нередко пугипредставлены конгломератами и песчаниками, сцементированными углекислой известью. Мощность обломочных толщ колеблется от 2 до 20 м, а для сложения характерна

слоистость – чередование прослоек гравийно-галечного и песчано-гравийного материала. Прослойки чаще всего наклонные (2–20°), с косой слоистостью, схожей с текстурой речных отложений. Пески, вмещающие гравийно-галечный материал, имеют желтовато-зеленоватый, коричневатый или красноватый цвет. Галька преимущественно хорошо окатанная, кремнисто-кварцевого состава. Встречаются и пуги с суглинисто-глинистым наполнителем, перекрытым на вершинах маломощным скоплением гравийно-галечного оглинённого материала. Пуговые образования изучены, главным образом, с минералого-литологических и палеоботанических позиций и в единичных случаях включены в состав ООПТ. Однако многие из пуг широко используются в качестве бутового дорожно-строительного материала, что влечет угрозу их уничтожения в недалеком будущем. Опасностью полного уничтожения подобных памятников природы, практически не изученных с комплексных физико-географических (ландшафтных) позиций, определяется актуальность настоящих исследований.

Объекты и методы

В ходе полевых работ произведено комплексное описание 34 точек, более половины из них подверглись полнопрофильному лабораторному анализу базовых физических и физико-химических свойств почв: гранулометрический состав, содержание органического вещества, состав поглощающего комплекса, реакция и т. п. Во всех случаях производилось комплексное изучение геолого-геоморфологического строения, морфологии почв, состава растительного покрова, направленности современных физико-географических процессов, которые сопровождались фотосъёмкой точек описаний и компонентов локальныхгеосистем. Каждая фация подвергалась GPS-позиционированию с помощью навигатора Garmin Oregon 450 с целью последующей обработки в ГИС.

Обсуждение результатов

Пуговое урочище имеет асимметричное строение.Северный и юго-восточный склоны являются наиболее длинными. На южной вершине урочища находятся заброшенные карьеры, заполненные водой.

Для вершины пугового холма характерны луговые формации. Почвенный покров однороден и представлен дерново-подзолистыми почвами легкого гранулометрического состава (дерново-подзолами) различной степени оподзоливания. Подстилающие водно-ледниковые и песчано-гравийно-галечные отложения отличаются от склоновых фаций и основания склона средней и сильной гравелистостью. На некоторых участках вершины гравийно-галечный материал образует мощную толщу.

Склоновые фации заняты преимущественно производными древесными (различных стадий облесения) и луговыми формациями. Лесные фации представлены вторичными осиново-березовыми и березовыми лесами с примесью ели и сосны. Меньшую площадь занимают луговые разнотравно-злаковые и злаково-разнотравные формации, находящие на различных стадиях постагрогенной залежи и вторичного облесения. В почвенном покрове также преобладают зональные дерново-средне- и сильноподзолистые почвы преимущественно на слабо- и среднегравелистых водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых моренным валунным суглинком.

Фации подошвы пугового холма заняты елово-березовыми лесами. Почвенный покров по-прежнему представлен дерново-средне- и слабоподзолистыми почвами. Близ подошвы гранулометрический состав меняется с супесчаного на суглинистый ввиду сокращения мощности плаща водно-ледниковых отложений.

Ниже дана более подробная характеристика конкретныхгеосистемпугового урочища.

Фации вершины представлены злаково-разнотравным ежево-кульбабовым лугом. Травянистый ярус покрывает почти 100% площади данного ПТК. Доминантными видами являются кульбаба осенняя (*Leontodon autumnalis* L.*)*, ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.*)* и люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus* L.*).* Почвенный покров представлен дерново-

среднеподзолистой супесчаной почвой на водно-ледниковых песчано-гравийных отложениях.

Отдельно можно выделить фацию заброшенного песчано-гравийного карьера, расположенного на вершине урочища. Для этой территории характерен бедный луговой растительный состав, включающий в себя такие виды как клевер ползучий (*Trifolium repens* L.), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.) и единичными экземплярами звездчатки злаковой (*Stellaria graminea* L.). Благодаря большой мощности песчано-гравиных отложений на данной территории сформировалась дерново-среднеподзолистая супесчаная каменистая почва на водно-ледниковых песчано-гравийных отложениях.

В северном направлении слабовыпуклая вершина переходит в слабонаклонную поверхность склона пуги. Здесь на доминирующие роли выходят ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.*)*, бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.*)* и люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus* L.*).* Разнотравно-злаковый ежовый луг сформировался на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве на моренном валунном суглинке.

Подошва северо-западной экспозиции находится под елово-березовым кислично-щитовниковым лесом (6Б4Е). Средняя высота древостоя равна 15 м. Подрост редкий и представлен лишь елью обыкновенной (*Pícea abies* L.*)*. Проективное покрытие кустарничками не превышает 5%. Под лесной формацией подошвы пугового холма сформировалась дерново-среднеподзолистая глеевая легкосуглинистая почва на опесчаненной морене.

На лесные формации приходится около 87% (8,3 км^2) площади урочища и прилегающих водораздельных пространств. В том числе 26,2 % (2,5 км^2) занимают зрелые хвойные леса и 60,7 % (5,8 км^2) – молодые вторичные леса. Луговые фации, представленные закустареннымиранотравно-злаковыми и разнотравными лугами, покрывают 12,6 % (1,2 км^2) территории. Около 0,4 % (0,05 км^2) приходится на расположенный на вершине урочища песчано-гравийный карьер.

В табл. 1 представлен фациальный состав рассматриваемого пугового урочища.

Таблица 1

Фациальный состав пугового урочища Вострово

Номер фации	Название пуговых фаций
Вершинные фации	
PV-729	Северо-западная вершина пугового холма под разнотравно-злаковым ежево-мятликовом лугом на дерново-слабоподзолистой супесчаной почве на сильногравелистыхпесчано-гравийно-галечных отложениях, подстилаемых моренным валунным суглинком
PV-712	Слабовыпуклая вершина пугового холма под злаково-разнотравным ежево-кульбабовым лугом на дерново-среднеподзолистой супесчаной почве на среднегравелистых водно-ледниковых отложениях
PV-730	Субгоризонтальная поверхность вершины пугового холма под разнотравно-злаковыми и залесенными разнотравно-злаковыми лугами на агродерново-слабоподзолистой супесчаной почве на сильногравелистых песчано-гравийно-галечных отложениях
Склоновые фации	
PV-728	Слабонаклонная верхняя часть склона северо-западной экспозиции под сосново-березовым лесом на дерново-сильноподзолистой супесчаной почве на сильногравелистых водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых моренным валунным суглинком
PV-710	Слабонаклонная верхняя часть склона северной экспозиции под разнотравно-злаковым овсяницево-ежовым лугом на дерново-слабоподзолистой супесчаной

Номер фации	Название пуговых фаций
	почве на слабогравелистых водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых моренным валунным суглинком
PV-709	Слабонаклонная верхняя часть склона северо-восточной экспозиции под осиново-березовым звездчатковым лесом на дерново-среднеподзолистой супесчаной почве на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых моренным валунным суглинком
PV-727	Слабонаклонная средняя часть склона северо-западной экспозиции под березово-осиновым снытьевым лесом на дерново-среднеподзолистой супесчаной почве на сильногравелистых водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых моренным валунным суглинком
PV-707	Слабонаклонная средняя часть склона северной экспозиции под березовым чернично-костяничным лесом на дерново-сильноподзолистой супесчаной почве на слабогравелистых водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых моренным валунным суглинком
PV-705	Ложбина в средней части склона северной экспозиции под закустаренным злаково-разнотравным таволжным лугом на дерново-слабоподзолистой глееватой тяжелосуглинистой почве на элювии глин
PV-703	Слабонаклонная нижняя часть склона северной экспозиции под разнотравно-злаковым бедренцево-ежовым лугом на агродерново-среднеподзолистой супесчаной почве на среднегравелистых водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых моренным суглинком
PV-726	Слабонаклонная нижняя часть склона северо-западной экспозиции под елово-березовым щитовниково-кисличным лесом на дерново-среднеподзолистой супесчаной почве на среднегравелистых водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых моренным валунным суглинком
PV-723	Слабонаклонная нижняя часть склона западной экспозиции под березовым черничным лесом на дерново-сильноподзолистой легкосуглинистой почве на валунном моренном суглинке
Основание склона пуги	
PV-721	Подошва западной экспозиции под елово-березовым костянично-черничным лесом на дерново-сильноподзолистой легкосуглинистой почве на валунном моренном суглинке
PV-725	Подошва северо-западной экспозиции под елово-березовым кислично-щитовниковым лесом на дерново-среднеподзолистой глееватой легкосуглинистой почве на опесчаненной морене

Исследуемые почвы вершины и склонов пугового урочища, подстилаемые песчано-гравийными отложениями, имеют ряд отличий от местных зональных дерново-подзолистых почв на моренном суглинке. Они имеют преимущественно песчаный и супесчаный гранулометрический состав (табл. 2). В гранулометрическом составе преобладают песчаные фракции (27–77%) с дополнительным незначительным участием крупной пыли, а на долю илистой фракции приходится обычно менее 10%, реже более, в отдельных случаях до 15–30%. Данные показатели свидетельствуют о хорошей водопроницаемости, малой водоудерживающей способности и высокой степени аэрации почв.

Изучаемые почвы бедны органическим веществом, содержание которого в гумусоаккумулятивных горизонтах варьирует от 1 до 3%, реже более, и резко снижается вниз по профилю до близких к нулю значений, без признаков иллювиальной аккумуляции (табл. 3). Причиной этого является легкий гранулометрический состав и связанная с ним низкая обеспеченность элементами минерального питания.

Таблица 2

Гранулометрический состав пуговых почв

Горизонт, глубина образца, см	Гигроскоп. влажность, %	Содержание фракций в мм, %						
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	<0,01
Разрез РВН-712 (Р-7L): дерново-неглубокоподзолистая супесчаная почва на среднегравелистых водно-ледниковых отложениях (вершина)								
AY 10-20	1.2	57	18	18	3	3	1	7
BEL 35-40	0.6	51	37	8	2	1	1	3
B_2 75-85	0.8	77	19	3	0	0	1	1
Разрез РВН-709 (Р-7I): дерново-неглубокоподзолистая супесчаная почва на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых валунным моренным суглинком (верх.ч.склона)								
AY 5-10	2.0	48	28	16	3	3	1	7
BEL 20-30	0.2	63	21	10	1	3	1	5
B_1 40-50	0.4	59	22	14	1	3	1	5
B_2D 60-75	2.7	55	14	21	5	3	2	10
Разрез РВН-707 (Р-7G): дерново-глубокоподзолистая супесчаная почва на слабогравелистых водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых валунным моренным суглинком (ср. ч. склона)								
AY 5-15	0.8	58	20	18	1	2	1	4
B_1 55-65	1.0	66	25	6	1	2	1	4
Разрез РВН-706 (Р-7F): дерново-поверхностно подзолистая среднесуглинистая почва на моренном валунном суглинке (ср. ч. склона)								
AY 10-20	3.1	38	15	15	5	10	17	32
BEL 22-27	1.6	58	21	4	3	5	8	16
B_1 30-40	4.8	27	11	14	5	14	29	48
Разрез РВН-703 (Р-7C): агродерновая-неглубокоподзолистая супесчаная почва на среднегравелистых водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых моренным суглинком (нижн. ч. склона)								
AY 10-20	3.1	56	14	19	2	8	4	14
BEL 39-49	1.6	52	17	17	2	7	5	14
B_1 65-75	4.8	28	26	28	2	5	11	18
Разрез РВН-725 (Р-7Y): дерново-неглубокоподзолистая легкосуглинистая почва на валунном моренном суглинке (подошва)								
AY 5-15	0.8	52	24	10	4	4	6	14
BEL 10-20	2.5	40	23	14	4	4	15	23
B_1 35-45	1.0	72	20	4	1	2	1	4
B_1D 70-80	1.8	69	11	15	1	1	3	5

Судя по pH солевой вытяжки, верхние горизонты имеют слабокислую, реже сильнокислую или, напротив, близкую к нейтральной реакцию. Ниже по профилю обменная кислотность заметно увеличиваются, что может быть следствием нисходящей миграции простых органических кислот типа уксусной, муравьиной, щавелевой в сочетании с агрессивными фульватными фракциями гумуса и т.п.

Таблица 3

Агрохимические свойства пуговых почв

Горизонт, глубина образца, см	Показатели							
	pH		Hг	S	ЕКО	V	ОВ	Al
	H_2O	KCl	Смоль/кг почвы			%		Смолль/1кг почвы
Разрез РВН-712 (Р-7L): дерново-неглубокоподзолистая супесчаная почва на среднегравелистых водно-ледниковых отложениях (вершина холма)								
AY 10-20	5.9	5.4	0.8	2.8	3.6	77	1.02	н/о
BEL 35-40	6.2	5.2	1.1	1.9	3.0	64	0.41	0.0009
B_2 75-85	5.5	4.3	1.9	1.5	3.4	43	0.14	0.0540
Разрез РВН-709 (Р-7I): дерново-неглубокоподзолистая супесчаная почва на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых валунным моренным суглинком (верхняя часть склона)								
AY 5-10	6.7	6.5	5.6	1.7	7.3	23	3.52	0.3429
BEL 20-30	5.0	4.0	3.4	1.1	4.5	24	0.13	0.1512
B_1 40-50	6.5	5.8	3.7	1. 6	5.3	30	0.04	0.3375
B_2D 60-75	4.5	3.7	5.5	3.5	9.0	39	0.08	0.1836
Разрез РВН-707 (Р-7G): дерново-глубокоподзолистая супесчаная почва на слабогравелистых водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых валунным моренным суглинком *(средняя часть склона)*								
AY 5-15	4.6	3.7	5.2	2.1	7.3	29	2.68	0.3770
B_1 55-65	6.2	5.25	0.7	2.8	3.5	80	0.06	н/о
Разрез РВН-706 (Р-7F): дерново-поверхностно подзолистая среднесуглинистая почва на моренном валунном суглинке *(средняя часть склона)*								
AY 10-20	6.3	5.5	1.4	9.1	10.4	87	3.6	н/о
BEL 22-27	5.9	4.7	0.8	4.8	5.5	86	0.26	0.0045
B_1 30-40	5.1	3.9	3.7	10.1	13.8	73	0.42	0.9630
Разрез РВН-703 (Р-7C): агродерновая-неглубокоподзолистая супесчаная почва на среднегравелистых водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых моренным суглинком *(нижняя часть склона)*								
AY 10-20	6.1	5.6	0.6	4.4	5.0	88	2.06	н/о
BEL 39-49	6.0	4.8	1.1	2.4	3.5	69	0.18	0.0036
B_1 65-75	5.6	4.3	1.5	4.0	5.5	72	0.06	0.0180
Разрез РВН-725 (Р-7Y): дерново-неглубокоподзолистая легкосуглинистая почва на валунном моренном суглинке *(подошва склона холма)*								
AY 5-15	6.8	6.5	0.4	10.5	10.9	96	2.12	н/о
BEL 10-20	5,0	4,0	5.4	3.9	9.3	42	н/о	0.0018
B_1 35-45	6.5	5.7	1.1	2.8	3.9	72	0.69	н/о
B_1D 70-80	4.5	3.6	6.5	2.3	8.8	26	0.21	0.1890

Гидролитическая кислотность ввиду маргинального гумусового статуса в целом невелика, обнаруживая значительную степень вариабельности с максимумом как в верхней, так и в нижней зонах профиля. Сумма обменных оснований также мала, с тенденцией биоаккумуляции в гумусовых горизонтах с диапазоном значений от 10 до 4 смоль/кг почвы. Легкий гранулометрический состав и бедность ОВ определяют низкую емкость катионного обмена, преимущественно менее 10 смоль/кг. Степень насыщенности в верхних горизонтах

AY (как и в нижних) изменяется от высоких показателей до крайне низких – от 95–77 до 26%. В целом не всегда закономерное вертикальное распределение физико-химических показателей могут объясняться влиянием химических мелиораций в недалёком прошлом – в агрокультурный период.

Выводы

Таким образом, результаты предварительных исследований «пуговых почв» на примере отдельных разрезов свидетельствуют об их своеобразии, обусловленном в первую очередь свойствами литогенной матрицы. По этой причине свойства данных почв отличаются от окружающих песчано-гравийные холмы дерново-подзолистых почв, формирующихся на суглинках. Рассмотренные почвы отличает лёгкий гранулометрический состав и менее благоприятные физико-химические и биохимические свойства: малогумусность, низкие ёмкость катионного обмена и обменных оснований, кислая реакция. Среди почвообразовательных процессов преобладают элювиальные, что соответствует местному зональному комплексу современных условий и факторов почвообразования.

Литература

1. Структура пуговых ландшафтов Вятско-Камского Предуралья / *И. А. Вартан и др.* // Экология родного края : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Киров, 2016. С. 82 – 86.

2. Дедков А. П., Бутаков Г. П. Сравнительная характеристика верхнепермских и мезозойских конгломератов Волго-Вятского края // Пермские отложения Республики Татарстан. Казань, 1996. С. 127–134.

3. Древние поверхности выравнивания и останцовый рельеф Удмуртии / А. П. Дедков и др. // Развитие склонов и выравнивание рельефа. Казань, 1974. С. 64–76.

4. Мильков Ф. Н. Среднее Поволжье. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 261 с.

5. Пуговые почвы Вятского Прикамья с реликтовым гумусовым горизонтом / *А. М. Прокашев и др.* // Прошлое, современное состояние и прогноз развития географических систем : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Киров, 2014. С. 154–158.

6. Пуговые почвы Вятского Прикамья / *А. М. Прокашев и др.* // Почва – зеркало и память ландшафта: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Киров, 2015. С. 142–147.

УДК 631.481(572)

ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА И ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

А. А. Козлова
Иркутский государственный университет, г. Иркутск,
allak2008@mail.ru

Территория Южного Предбайкалья отличается от многих других регионов большой пестротой природно-климатических условий. Расчлененный рельеф и локальные климатические особенности (влияние сибирского антициклона, значительное распространение многолетней мерзлоты, недостаточная теплообеспеченность) способствуют тому, что на ограниченной площади можно встретить различные почвы: от таежных, на многолетней мерзлоте, до лесостепных и степных. При этом они имеют существенные отличия в морфологии и свойствах от их Европейских аналогов, что обусловлено особенностями их генезиса и эволюции.

Ключевые слова: Южное Предбайкалье, особенности почвообразования, специфика свойств и режимовпочв, генезис и эволюция почв, региональные почвы, разнообразие почвенного покрова.

Введение

Согласно ландшафтному районированию юга Восточной Сибири район исследования можно отнести к Южносибирской физико-географической области, которая охватывает горные системы Восточного Саяна, Иркутско-Черемховскую равнину и южную часть Предбайкальской впадины, представляющие собой краевые прогибы Сибирской платформы и составляющие нижнюю ступень поясности гор [22]. Иркутско-Черемховская равнина характеризуется холмисто-увалистым рельефом с высотой междуречий 500–650 м, слабо расчлененным неглубокими долинами. Для южной части Предбайкальской впадины характерны синклинальные равнины древних речных долин, чередующиеся со слабо выпуклыми междуречьями, достигающими высоты 700 м, формируя тем самым холмисто-моренный и холмисто-грядовый рельеф. Территория исследования сложена осадочными породами, среди которых широко распространены бескарбонатные песчаники, алевролиты и аргиллиты и редко известняки, а также красноцветные карбонатно-силикатные отложения. Мощность рыхлых отложений, являющихся почвообразующими породами, невелика и возрастает по мере снижения высоты и крутизны склонов. В котловинах широко развиты рыхлые четвертичные отложения чаще суглинистого состава [1, 3].

Следует отметить, что ведущим фактором, определяющим своеобразие природы, является климатический, который, в свою очередь, связан с рельефом, выступающим основным перераспределителем солнечной энергии (тепла), влаги и растворимых веществ [17]. Климатические показатели изменяются в зависимости от широтного положения и абсолютной высоты. Так, тепловые ресурсы уменьшаются при продвижении с юга на север и в связи с увеличением высоты. Сумма температур более 10° снижается от 1600–1700° на Иркутско-Черемховской равнине до 1000–1200° на территории Предбайкальской впадины. Среднегодовое количество осадков на большей части территории составляет 350–400 мм, при возрастании высоты оно несколько увеличивается. В первой половине лета вся исследуемая территория характеризуется недостаточным увлажнением [1, 8].

Важным фактором дифференциации почвенного покрова на данной территории служит криогенная обстановка, а именно наличие в регионе островной мерзлоты и прерывистого распространения многолетнемерзлых пород. В целом, воздействие мерзлоты на почвы настолько многогранно, что позволяет рассматривать ее как фактор почвообразования, а почвенный криогенез – как криопедосферу. Криогенез включает процессы тепло- и массообмена при промерзании и оттаивании почв, механические, геохимические и биогеохимические преобразования почвенной толщи [18].

Изменение климатических условий в связи с широтой и высотой местности обусловливает изменение и в растительном покрове. На территории Южного Предбайкалья в основном распространены сосновые и лиственнично-сосновые бруснично-разнотравные леса, представляющие вместе с островами степей нижнюю ступень вертикальной поясности [1, 2].

Своеобразие природной обстановки (рельефа, горных пород, климата, растительности) региона, обусловлено сложной историей развития и современными особенностями. Неоднородность литогенной основы, различная крутизна и экспозиция склонов, охлаждающе-отепляющее влияние водной массы Байкала на прибрежную территорию, наличие сезонной мерзлоты и многолетнемерзлых пород предопределяют формирование контрастных ландшафтов региона и, соответственно, сложного, разнообразного почвенного покрова. Это способствовало развитию своеобразных черт в региональных почвах, заметно отличающих их от Европейских аналогов, и в значительной степени затруднило их диагностику и классификацию, в том числе и с позиции

субстантивно-генетического подхода, изложенного в Классификации и диагностики почв России [9].

Объекты и методы

Согласно почвенно-географическому районированию Предбайкалья [15], территория исследования относится к округу Иркутско-Черемховской равнины и южной части Предбайкальской впадины Среднесибирской равнинно-плоскогорной провинции. В целом округ рассматривается в качестве нижней ступени вертикальной поясности котловинного типа. В почвенном покрове присутствуют типы почв, свойственные как таежным территориям, так и лесостепи и степи. Почвообразование здесь происходит на рыхлых отложениях большей мощности при пониженном увлажнении, возрастании теплообеспеченности и при значительном участии травянистой растительности.Поверхности водоразделов и приводораздельные территорииЮжного Предбайкалья занимают дерново-подзолистые, дерновые лесные, серые лесные и дерново-карбонатные почвы. Черноземы лесостепных и степных ландшафтов региона не образуют крупных массивов, а располагаются участкамив нижних частях склонов и древних террасах, чередуюясь с серыми лесными и лугово-черноземными почвами [12, 15]. Общей чертой специфичной для региона, можно считать низкий энергетический уровень почвообразования, небольшие различия в теплообеспеченности между генетически далекими почвами, их территориальное соседство [17].

Обсуждение результатов

Особенностью исследуемой территории является отнесение ее, согласно почвенно-географическому районированию, к Красноярско-Иркутской провинции зоны серых лесных почв, оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов лесостепи центральной лесостепной и степной области суббореального пояса [7]. Это единственная провинция этого пояса, находящаяся внутри бореального пояса, что, по-видимому, связано с отепляющим эффектом водной массы Байкала.

Дерново-подзолистые почвы развиваются под пологом светлохвойных (сосновых, лиственничных) и мелколиственных (осиновых, березовых), травяных, мохово-травяных и бруснично-травяных лесов. К основнымих особенностямотносятся: относительно высокая степень аккумуляции перегноя и оснований в верхней части профиля, слабокислая или близкая к нейтральной реакция среды.

В целом, дерново-подзолистые почвы объединяют широкую группу довольно различных по свойствам почв. Генезис этих почв не может трактоваться однозначно, как только поверхностное оглеение и суспензионное передвижение глины, или только кислотный гидролиз. Указанные процессы сочетаются в одном профиле, выполняя различные функции. Так, процесс механического перемещения тонкодисперстных частиц из элювиальной толщи в иллювиальную является преобладающим, в отличие от Европейских аналогов, где ведущим является подзолообразование. В связи с сухостью климата, основностью пород и периодически промывным водным режимом, процессы подзолообразования в настоящее время заторможены в регионе. По-видимому, оподзоливание в дерново-подзолистых почвах Южного Предбайкалья господствовало в прошлом, когда территория была занята темнохвойными лесами, обеспечивающими кислый характер опада. Затем дерновый процесс, наложился на предшествовавший ему подзолистый. Это способствовало образованию второго гумусового горизонта и обусловило своеобразие дерново-подзолистых почв региона. В почвах южной тайги и подтайги Приуралья, Западной и Восточной Сибири он может рассматриваться как реликтовый, отражающий смену растительности в голоцене, наступление лесов на луговые степи. При этом современный гумусовый горизонт сформировался на месте прежнего подзолистого [15]. Отличия в показателях органического вещества дерново-подзолистых почв региона от Европейских аналогов обусловлены замедленным превращением органических остатков

в связи с краткостью активных биохимических процессов, достигающих стадию «грубого» гумуса. Состав гумуса характеризуется довольно широким отношением в верхних горизонтах с преобладанием гуминовых кислот, связанных с подвижными полуторными окислами, высоким содержанием нерастворимого остатка.

В Классификации-2004 [9] дерново-подзолистые почвы с формулой профиля: AY–EL–BEL–BT–C входят в отдел текстурно-дифференцированных почв, которые в отличие от альфегумусовых почв (в том числе подзолов) формируются, преимущественно, на породах суглинистого и глинистого гранулометрического состава. Представленная в систематическом списке классификация подзолистых почв региона [5] в целом соответствует Классификации-1977 [10] и легко коррелируется с новой классификацией.

Дерновые лесные почвы, наряду с дерново-подзолистыми, являются обязательным компонентом почвенного покрова травяных кустарниковых лесов. Почвообразующими породами служат различные рыхлые элювиальные и делювиальные отложения, но наиболее характерные почвы этого типа развиваются на продуктах выветривания галечников [15, 17]. Как правило, они располагаются на плоских водоразделах и верхних пологих частях склонов. На южных склонах они распространены шире, чем на склонах северной экспозиции, а особенность их формирования связана с пониженным здесь увлажнением и повышенным испарением, сдерживающими промачивание почв и создание нисходящего тока почвенных растворов. Наиболее характерные почвы этого типа развиваются на продуктах выветривания юрских конгломератов. Их профиль представлен маломощным (обычно высокогумусным) горизонтом А, резко переходящим в хорошо выраженный ореховатый бурый или ярко бурый горизонт В, часто более тяжелый по гранулометрическому составу, чем выше и нижележащие горизонты, что можно объяснить литологической неоднородностью отложений. Однако по валовому составу значительных изменений в профиле не наблюдается, что позволяет считать горизонт В метаморфическим, а не иллювиальным. При переходе к материнской породе окраска светлеет, а гранулометрический состав становится более легким [5]. Поэтому профиль дерновых лесных почв по Классификации-1977 [10] можно представить как: О–Ad–(A)–B(Bm,t)–C, а по Классификации-2004 [9] они сопоставимы с типом буроземов отдела структурно-метаморфических почв: AY–BM–C.

По содержанию гумуса почвы сильно различаются. В грубогумусовых почвах верхний дерновый горизонт содержит обычно 10–18% гумуса, с глубиной наблюдается его снижение, более постепенное, чем в дерново-подзолистых почвах [17]. Обычно они имеют гуматно-фульватный или фульватно-гуматный тип гумуса, высокую степень насыщенности основаниями, преимущественно слабокислую реакцию среды. Основной провинциальной особенностью формирования дерновых лесных почв является элювиально-иллювиальная дифференциация профиля, котораяобусловлена литогенной неоднородностью. Этим они существенно отличаются от буроземов Европейской части страны. Причиной специфики морфологии и свойств дерновых лесных почв региона является разновозрастность горизонтов. Утяжеление гранулометрического состава в средней и нижней части профиля, значительное преобладание окристаллизованной формы железа объясняется их формированием в иных более благоприятных биоклиматических условиях, в активную фазу процессов выветривания и почвообразования [12]. Современная фаза почвообразования характеризуется пониженной теплообеспеченностью и увлажненностью, что препятствует промывке профиля и нисходящей миграции частиц и веществ, что объясняет высокую степень насыщенности основаниями, преимущественно слабокислую реакцию среды почв, слабое проявление подзолистого процесса [15].

Дерново-карбонатные почвы представляют собой своеобразный местный тип почв, формирование которых обусловлено физико-географическими особенностями, в частности составом и свойствами карбонатных почвообразующих пород, выходящих на поверхность известняков и доломитов, преимущественно нижнекембрийских и красноцветных карбонатно-силикатных песчаников, аргиллитов, алевролитов и мергелей верхнекембрийского и ордовикского возраста. Они развиваются в условиях климата южной

тайги при достаточном увлажнении под сосновыми, лиственничными и смешанными травяными и моховотравяными лесами и имеют периодически промывной тип водного режима. Высокое содержание кальция в почвообразующей породе способствует нейтрализации кислых продуктов растительных остатков, подавляя развитие подзолистого процесса. Дерново-карбонатные почвы региона очень разнообразны и отличаются разной степенью гумусированности, мощности, выщелоченности от карбонатов. Ранее все эти почвы объединял один фактор почвообразования – это почвообразующая карбонатная порода. Однако в этом типе объединены почвы различного эволюционного уровня (от слаборазвитых до полноразвитых), с разным характером типодиагностических горизонтов и разным строением профиля, относится как слаборазвитыми, так и к полноразвитыми почвам, т. е. к почвам разных отделов и типов [5, 15, 21].

Хотя дерново-карбонатные почвы принято относить к лесным, естественные типичные из них распространены в основном на суходолах и часто развиваются под степной и сухостепной растительностью [5]. Гумусовые горизонты этих почв где-то можно рассматривать как темногумусовые (горизонт AU), где-то как светлогумусовые (горизонт AJ). Значительная скелетность не благоприятствует гумусонакоплению, поэтому большинство щебнистых дерново-карбонатных почв имеет горизонт AJ. Естественные почвы, вскипающие в гумусовом горизонте, зачастую не имеют выраженного срединного горизонта и, следовательно, могут быть отнесены к отделам органо-аккумулятивных почв и литоземов.

Выщелоченные дерново-карбонатные почвынаиболее широко распространены среди почв этого типа в регионе. Они встречаются как под лесами, так и на пахотных угодьях. Гумусовые горизонты представлены горизонтом AY (серогумусовый) и горизонтом AU (темногумусовый). Срединные – в основном представлены горизонтом BM. Исходя из этого, выщелоченные дерново-карбонатные почвы могут относиться к отделу структурно-метаморфических почв, типам буроземы: AY–BM–C и буроземы темные: AU–BM–C.

Оподзоленные дерново-карбонатные почвы занимают вершины увалов и преимущественно верхние части склонов. Растительность – смешанные и мелколиственные леса с хорошо развитым травянистым покровом. Верхние горизонты – AY, редко AU, в нижней части осветленные. Срединные горизонты представлены BT или BM. Поверхности структурных отдельностей в верхней части срединных горизонтов покрывают скелетаны SiO_2. По строению профиля они могут соответствовать серым: AY–AEL–BT–C, иногда темно-серым почвам: AU–AUe–BT–C отдела текстурно-дифференцированных, а также оподзоленным буроземам Aye–BM–C и оподзоленным буроземам темным: AUe–BM–C отдела структурно-метаморфических почв.

Между сибирскими и европейскими дерново-карбонатными почвами, существуют сходства и различия. Так, общим для них является слабокислая или нейтральная реакция верхних горизонтов и слабощелочная – нижних; сравнительно высокое содержание гумуса; высокая ЕКО и степень насыщенность основаниями, преимущественно кальцием и магнием; слабая дифференциация профиля по гранулометрическому и валовому химическому составу. Основное провинциальное отличие состоит в том, что почвообразующими породами дерново-карбонатных почв в Европейской части, как правило, являются известняки, мергели, карбонатные морены, суглинки, глины послеледникового возраста. Как правило, они имеют неполноразвитый профиль и могут быть отнесены к отделу органоаккумулятивных почв типу дерновых. Большинство дерново-карбонатных почв Южного Предбайкалья сформировались на продуктах разрушения нижнекембрийских сероцветных или верхнекембрийских красноцветных карбонатных осадочных отложений и имеют полнор азвитый профиль с горизонтом B.

Тип серых лесных почв широко развит в хвойно-лиственной подзоне тайги Южного Предбайкалья и приурочены в основном к ее южной освоенной и остепненной части. Они формируются на положительных элементах рельефа, сложенных четвертичными осадками, генетически связанными с юрскими песчаниками и сланцами, а также озерными и речными

наносами на террасах среднего и высокого уровня. Среди них преобладают суглинки, иногда облессованные. Растительность в местах распространения этих почв представлена сосновыми, лиственнично-сосновыми и мелколиственными травяными лесами.

Серые лесные почвы региона отличаются от своих аналогов в европейской части страны меньшей оподзоленностью и пониженной кислотностью, так какв регионе нет, характерных для этих почв, широколиственных лесов, а мелколиственные березовые являются производными, вторичными и находящиеся под ними почвы не могут быть первичными образованиями. Наиболее их мобильные свойства: невысокая кислотность, обогащенность гумусом и обменными основаниями верхних горизонтов элювиально-иллювиального профиля отражают влияние современной растительности, а консервативные свойства (валовой и гранулометрический состав) соответствуют прежним условиям и былой растительности, под влиянием которых сформировался дифференцированный по подзолистому типу профиль почв [15, 17].

Реакция среды, как правило, слабокислая, в нижней части может быть нейтральной, а при наличии карбонатов – слабощелочной. Содержание гумуса в гумусовом горизонте составляет обычно 4–6%, а соотношение гуминовых и фульвокислот в его составе примерно равное. В верхних горизонтах поглощающий комплекс близок к насыщению, реже не насыщен основаниями, преобладает обменный кальций. Коэффициент текстурной дифференциации в почвах на однородных пылеватых породах колеблется в пределах 1,4-2,2. Характерным для серых лесных почв региона является наличие в их профиле так называемого «второго гумусового горизонта» реликтовой природы, который имеет обильные светлые скелетаны на поверхности структурных отдельностей и большей частью совмещается с субэлювиальным горизонтом [5, 9].

Согласно Классификации-2004 [9], в основе которой лежит субстантивно-генетический подход и не учитывается ландшафтный признак, серые лесные почвы называются просто серыми. Корреляция номенклатуры и таксономии почв регионального списка [5] с Классификацией-2004 показала, что основные изменения коснулись в части отнесения серых лесных неоподзоленных почв к отделу структурно-метаморфических. Основанием для этого явился срединный горизонт – BM, который отличается от BT однопорядковой ореховато-комковатой структурой, тусклой поверхностью педов, отсутствием кутан иллювиирования. В целом их можно отнести к серым метаморфическим почвам: AY–AEL–BM–C, роду обычные. Текстурная дифференциация профиля в них или отсутствует или выражена слабо (КД < 1,4), тип гумуса фульватно-гуматный (Сгк: Сфк ~ 1). Такие почвы имеют широкое распространение в южной тайге и лесостепи юга Средней Сибири. Также они могут относиться к буроземам и буроземам темным: AY–BM–C, AU–BM–C, хотя они формируются в более теплых регионах, а в холодном климате образуются в основном только бурые грубогумусные почвы. Помимо буроземов к неоподзоленным серым лесным почвам, вероятно, можно отнести и другие почвы, в частности, органо-аккумулятивные, в них гумусовые горизонты сходны с таковыми для серых лесных почв, а срединные горизонты выражены очень слабо. В зависимости от верхнего горизонтаделятся на типы: серогумусовые или темногумусовые. Остальные серые лесные почвы имеют те же характеристики, которые присущи таковым и относятся к отделу текстурно-дифференцированных почв [5].

Прибайкальские черноземы развиваются преимущественно на древних террасах рек, на нижних частях пологих склонов и пологих южных склонах, как правило, на лессовидных суглинках различного происхождения. Им соответствуют общие характеристики типа почв, но разделение на подтипы сопряжено с трудностями, поскольку прибайкальские черноземы не соответствуют ни одному эталонному образу подтипа. Выщелоченные черноземы формируются под луговыми ковыльно-разнотравными степями [17]. Южные [17], солонцеватые [23] или типичные холодные [5] черноземы, нами отнесенные к обыкновенным, в естественных условиях формируются под злаково-полынными ассоциациями в естественных условиях. В нижней части профиля выделяются

осолонцованные горизонты, в которых содержание натрия от емкости поглощения может достигать 11–16%. При этом выше 40–50 см содержание обменного натрия обычно не превышает 2–4% от емкости поглощения [17].

Характерная языковатость и карманистость черноземов Южного Предбайкалья является следствием палео- и криогенеза. Рядом исследователей [4, 11–13, 16, 17, 20] отмечается, что прошлое юга Средней Сибири связано с наличием здесь в позднем плейстоцене многолетней мерзлоты, которая деградировала в последующий период климатического оптимума в голоцене. Заполнение пустот, образовавшихся после вытаивания льда, происходило за счет обрушения соседних стенок бугров и полигонов. Как правило, заполнителем служил высокогумусный материал верхних горизонтов почв, развитых на повышениях микрорельефа. При этом современные климатические условия формирования черноземов региона могут способствовать активной реализации мерзлотных явлений. Глубокое промерзание почвогрунтов (до 3,5 м), обусловленное низкими температурами зимнего периода, в сочетании с маломощным снежным покровом сопровождается также морозным трещинообразованием [4, 11, 14, 16, 23].

Одной из характерных черт, отражающих специфику формирования черноземов региона, является содержание и распределение гумуса, которое определяется биоклиматическими факторами почвообразования. Малая мощность гумусового горизонта вызвана особенностью термического режима исследуемых почв, с повышенной концентрацией корней в верхнем 40-сантиметровом горизонте, так как более глубокому их проникновению препятствуют низкие температуры поздно оттаивающего в весенне-летний период почвогрунта. Другой причиной маломощности гумусовых горизонтов может являться иная интенсивность и темп биохимических процессов. Наиболее высокая микробиологическая деятельность наблюдается лишь в июле-августе, когда максимум осадков совпадает с максимальным прогреванием почвы [17]. Поэтому, разложение органических остатков происходит в значительно более короткий период лета, чем в европейской части России, причем этот процесс концентрируется в небольшом по мощности верхнем слое почвы с оптимальными температурами.

Распределение актуальной кислотности по профилю исследуемых черноземов носит неоднозначный характер. Слабокислая реакция горизонта В выщелоченного чернозема и слабощелочная – карбонатных горизонтах, обязана, скорее, литогенной неоднородности, чем почвообразованию, что обуславливается разновозрастностью горизонтов в профиле черноземов региона. Так, согласно представлениям Г. А. Воробьевой [5] в региональных черноземах гумусовый горизонт А может быть отнесен к среднему-позднему голоцену, переходный горизонт АВ и подгумусовый светло-бурый бескарбонатный горизонт В – к раннему голоцену. Карбонатные горизонты Вса и ВСса относятся уже к верхнеплейстоценовой части разреза.

В целом, несмотря на разнообразие почвенного покрова Южного Предбайкалья, почвы обладают рядом сходных свойств, связанных, прежде всего, с особенностями их гидротермического режима. Так, тепловой режим всех исследуемых почв [6] соответствует сезоннопромерзающему типу, фациальному подтипу умеренно холодных длительно промерзающих почв. Водный режим можно отнести к периодически промывному [24], что связано с неравномерностью выпадения осадков в течение года. Весной и в начале лета засушливо, коэффициент увлажнения по Иванову составляет 0,28 в степном ландшафте и 0,37 – в лесном. Условия для сквозного промачивания могут появляться непродолжительное время только в конце августа и в начале сентября. Подтип водного режима – криогенный, присущий для почв, находящихся в условиях недостаточного увлажнения при наличии поздно оттаивающей сезонной мерзлоты.

Для всех типов почв является характерным высокое содержание органического вещества в верхней, небольшой по мощности части профиля, связанное со спецификой биоклиматических условий. Холодность и засушливость климата, длительное нахождение почв в мерзлом состоянии обеспечивает высокую концентрацию корней в верхнем

небольшом по мощности слое почвы, обусловливает короткий период интенсивной микробиологической активности.

В почвах региона, как правило, наблюдается слабокислая, нейтральная или слабощелочная реакцией среды верхних гумусированных горизонтов, с нарастанием щелочности книзу профиля; заторможенность подзолистого процесса; повышенное содержание и высокая степень насыщенности обменными основаниями почвенного поглощающего комплекса, включая и дерново-подзолистые почвы. Этим, исследуемые почвы принципиально отличаются от своих Европейских аналогов.

Общим для почв Южного Предбайкалья является их развитие в суровых биоклиматических условиях, тормозящих процессы выветривания, что обуславливает зависимость их физико-химических свойств в большей степени от литогенной неоднородности и состава почвообразующих пород, чем от почвообразования. Сочетание в автономных условиях почв с элювиально-иллювиальным и недифференцированным профилями рассматривается как проявление парагенезиса, т. е. закономерного пространственного сочетания биогеосистем, почв и почвенных комбинаций [19]. Этот подход позволяет показать разнообразие почв, встречаемых в сходных условиях почв с разным строением профиля, что невозможно интерпретировать только на основе представлений о широтной зональности [18].

Выводы

1. В целом своеобразие природных условий Южного Предбайкалья, обусловлено сложной историей развития и имеют свои провинциальные особенности. Ведущим фактором, определяющим своеобразие природы, является климатический, который, в свою очередь, связан с рельефом, выступающим основным перераспределителем солнечной энергии (тепла), влаги и растворимых веществ. Мощным фактором почвообразования и дифференциации почвенного покрова является почвенный криогенез, который включает процессы тепло- и массообмена при промерзании и оттаивании почв, механические, геохимические и биогеохимические преобразования почвенной толщи. Влияние криогенеза состоит в нарушении поверхности и, следовательно, усложнении структуры почвенного покрова.

2. Одним из важных факторов почвообразования выступает растительный покров, подчиненный высотной поясности, осложненной в Южном Предбайкалье котловинным эффектом, экспозицией, литологией, микроклиматом, предгорной зональностью. Часто, чем где-либо, наблюдается несоответствие строения и свойств почв с характером современной растительности. Это, в частности, проявляется в невысокой кислотности, обогащении гумусом и обменными основаниями верхних горизонтов почв с элювиально-иллювиальным профилем.

3. Одним из существенных факторов генезиса и эволюции природной среды региона в целом, и почвенного покрова в частности, стали сильные пространственно-временные колебания палеогеографических условий, достигшие своих максимальных амплитуд в позднем плейстоцене и голоцене. Смещения зональных границ, связанных с расширением и сокращением ледниковых покровов, площади лесных и степных ландшафтов, нашли свое отражение в современной структуре растительного и почвенного покрова. Присутствие в почвенном профиле второго гумусового горизонта также может служить отражением эволюции ландшафтов.

Литература

1. Иркутская область: экологические условия развития : атлас. М.; Иркутск, 2004. 90 с.

2. *Белов А. В., Лямкин В. Ф., Соколова Л. П.* Картографическое изучение биоты. Иркутск: Облмашинформ, 2002. 160 с.

3. Иркутская область (природные условия административных районов) / *Н. С. Беркин и др.* Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1993. 304 с.

4. *Воробьева Г. А.* Значение позднеплейстоценовых отложений и процессов для современного почвенного покрова юга Восточной Сибири // Почвы территорий нового освоения, их режимы и рациональное использование. Иркутск: Изд-во ин-та географии СО АН СССР, 1980. С. 13-17.

5. *Воробьева Г. А.* Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.

6. *Димо В. Н.* Тепловой режим почв СССР. М.: Колос, 1972. 359 с.

7. *Добровольский Г. В., Урусевская И. С.* География почв М. : Изд-во МГУ : КолосС, 2004. 460 с.

8. *Жуков В. М.* Климат // Предбайкалье и Забайкалье. М.: Наука, 1965. С. 91-129.

9. Классификация и диагностика почв России / авторы и составители Л. Л. Шишов и др. Смоленск : Ойкумена, 2004. 324 с.

10. Классификация и диагностика почв СССР / сост. В. В. Егоров и др. М. : Колос, 1977. 223 с.

11. *Козлова А. А.* Почвы бугристо-западинных ландшафтов Южного Предбайкалья. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2011. 124 с.

12. *Козлова А. А., Макарова А. П.* Экологические факторы почвообразования Южного Предбайкалья. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. 163 с.

13. *Козлова А. А., Кузьмин В. А., Зазовская Э. П.* Почвы палеокриогенных бугристо-западинных ландшафтов Южного Предбайкалья // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1181-1192.

14. *Колесниченко В. Т.* Водно-тепловой режим и агрофизические свойства черноземов выщелоченных лесостепи Восточной Сибири // Почвы, удобрения и урожай в лесостепи Прибайкалья. Восточ-Сиб. кн. изд-во, 1965. С. 42-61.

15. *Кузьмин В. А.* Почвы Предбайкальского участка зоны БАМ // Почвенно-географические и ландшафтно-геохимические исследования в зоне БАМ. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. С. 11-98.

16. *Кузьмин В. А.* Геохимические особенности почв в условиях бугристо-западинного рельефа Иркутско-Черемховской равнины // Региональные ландшафтно-геохимические исследования. Иркутск: Изд-во ин-та географии СО АН СССР, 1986. С. 67-81

17. *Кузьмин В. А.* Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 175 с.

18. *Кузьмин В.А.* Опыт почвенно-географических исследований на территории Байкальской Сибири // География и природные ресурсы. 2007. № 3. С. 197-205.

19. Парагенезис и парадинамизм почв / *А. И. Куликов и др.* Улан-Удэ: Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2005. 278 с.

20. *Лещиков Ф. Н.* Мерзлые породы Приангарья и Прибайкалья. Новосибирск: Наука, 1978. 141 с.

21. *Макеев О. В.* Дерново-таежные почвы юга Средней Сибири. Улан-Удэ, 1959. 347 с.

22. *Михеев В. С., Ряшин В. А.* Физико-географическое районирование: карта: масштаб 1:8 000 000 // Ландшафты юга Восточной Сибири: карта: масштаб: 1:1 500 000. М., 1977.

23. *Надеждин Б. В.* Лено-Ангарская лесостепь (почвенно-географический очерк). М.: Изд-во АН СССР, 1961. 326 с.

24. *Роде А. А.* Водный режим почв и его регулирование. М. Изд-во АН СССР, 1963. 119 с.

УДК 631.43.3

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДНОГО ФЛЮИДА НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Н. И. Суханова, С. Я. Трофимов, А. В. Кирюшин
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, ф-т почвоведения, г. Москва, vogudin@yandex.ru

Показано негативное влияние потока эндогенного водорода на гумусное состояние чернозема обыкновенного в районе Хоперского глубинного разлома с большой интенсивностью водородного флюида. Под воздействием водорода почве формируются глубокие восстановительные условия, ведущие к изменению химических свойств и к деструкции гуминовых веществ. В таких условиях на сельскохозяйственных угодьях часто наблюдается угнетение или полная гибель всходов.

Ключевые слова: почва, гумус, водород, западины.

Введение

Интенсивные выделения глубинного водорода в настоящее время наблюдаются на Воронежском кристаллическом массиве, погребенном под осадочным чехлом (Воронеж–Липецк). На отдельных участках концентрация водорода в подпочвенном воздухе на глубине 120см, измеренная методами полевой водородометрии, иногда достигает 1,6% по объему и более [14, 20, 21, 25, 26].

Участки со значительным выходом водорода, часто довольно обширные, как правило, приурочены к пересечениям глубинных разломов, имеют довольно необычные формы мезорельефа. В силу своих особых свойств водородный флюид создает в зоне его инфильтрации пористость в глубинных карбонатных толщах, где формируется карст. Это ведет к образованию на поверхности земли западин с необычно правильной круглой формой [19, 23, 25].

К территориям с многочисленными выходами глубинного водорода относится, например, участок в районе коленообразного поворота долины р. Хопер в северо-восточной части Воронежской области, (левобережье р. Хопер в окрестностях городов Поворино, Борисоглебск, Новохоперск) общей площадью около 3600 км^2. В почвенном отношении это зона распространения черноземов обыкновенных, почвы интенсивно используются в сельском хозяйстве. Водораздельная часть слабоволнистая. На поверхности выходящие струи водородного флюида из недр земли формируют правильной формы круглые понижения (западины) различного диаметра от нескольких метров до 3 км в диаметре и разной глубины [19, 25].

Неглубокие западины вовлечены в пахотные угодья. Более глубокие формы исключены из сельскохозяйственного использования и часто представляют собой заросшие растительностью участки, обособленные от окружающей пашни, порой в них формируются болота и даже озера.

Имея такую необычно правильную форму и заметную осветленность верхнего гумусового горизонта, западины хорошо дешифрируются на космических снимках [19, 23, 25, 26]. Маленькие западины на полях на весенних снимках, когда почва распахана и еще не засеяна, видны как сплошные заметно светлые пятна круглой формы на фоне окружающей их тёмной пашни. Более крупные формы выделяются как осветленные по периферии круги. Поскольку интенсивность окраски верхнего гумусового горизонта в черноземных почвах определяется содержанием и составом гумуса, то следует предположить, что в западинах, подверженных влиянию водородного флюида, почва теряет гумус, либо формирующийся в них гумусиной.

Объекты и методы

Все исследованные западины (более двух десятков) показали значительную концентрацию водорода на глубине 120 см, на период исследования она составляла в среднем 0,65% об., что намного превышает обычные концентрации в почвенном воздухе. Вне западины измеренная концентрация водорода была обычной, несколько ppm, либо прибор вообще ничего не показывал.

На этой территории, на водораздельной части нами были выбраны почвы двух западин разного размера с выходами эндогенного водорода.

1 западина имеет правильную круглую форму диаметром около 100 м, глубиной 0,6 м. Западина исключена из сельскохозяйственного использования, но когда-то пахалась (около 15 лет назад), в профиле наблюдается старый пахотный горизонт. В настоящее время это залежный участок, зарастающий лугово-степной растительностью с редким кустарником. Разрезы заложены на плоском дне западины. Почва, окружающая западину, чернозем обыкновенный легкосуглинистый.

2 западина развита на регулярной пашне размерами - в диаметре около 20 м, глубиной около 0,4 м. Почвенные разрезы заложены в центре западины и вне западины.

Результаты и обсуждение

Полевое морфологическое описание почв исследуемых западин свидетельствует о том, что эти почвы довольно необычны.

Первая западина имеет значимый водосбор, и кратковременное весеннее переувлажнение. Обычно в таких условиях в западинах, сформированных, благодаря особенностям рельефа, только водой без выхода эндогенного водорода, формируются почвы полугидроморфного ряда с характерным хорошо освещенным в классической литературе морфологическим профилем. В нашем случае по морфологическим показателям почвы дна западины видно, что в ней сильно проявлены восстановительные процессы. Почва имеет резко дифференцированный профиль, в котором хорошо сформированы элювиальный и иллювиальный горизонты, и четко видны морфохроматические признаки оподзоливания и оглеения. В цветовом профиле присутствуют и сизоватый оттенок (в гор. АЕ) и светлые пятна кремнезема (в гор. Е) и рыжие пятна аморфной гидроокиси железа (в горизонтах Е, В). В нижней части горизонта В присутствуют ортштейны. Однако в профиле почв нет вскипания и нет карбонатных новообразований, что резко отличает их от хорошо изученных полугидроморфных почв степи, профиль полностью промыт от карбонатов. Верхний гумусный горизонт имеет более светлую окраску, чем у чернозема. Кроме того, обращают на себя внимание ярко выраженные гумусовые кутаны по граням структурных отдельностей, прослеживаемые до большой глубины, что свидетельствует о значительной подвижности гумуса.

Почва, окружающая западину – чернозем обыкновенный с типичным морфологическим профилем.

Вторая западина. Строго говоря, западиной ее назвать довольно трудно. Скорее, ее можно отнести к некоторому, едва заметному, мезопонижению поверхности, на которое, как правило, мало обращают внимания, а при площадном анализе изменений показателей свойств почв относят их к природному варьированию. Но некоторые наблюдаемые нами особенности привлекают внимание. Во-первых, на космическом снимке и визуально весной после вспашки она выглядит как сплошное белесое пятно на фоне окружающей темной поверхности черноземной почвы в результате осветления верхнего горизонта почв. Во-вторых, обращает на себя внимание очень правильная круглая форма западины, это характерно и для первой западины. Третья странность состоит в том, что на этом поле был летний или раннеосенний посев злаков (дружные всходы-10 см), а на момент полевого исследования и отбора почвенных проб (начало октября) в западине всходы отсутствовали полностью, в точности повторяя ее правильную круглую форму, либо погибли, либо не взошли.

Почва в центре западины по морфохроматическим показателям полевого обследования отличается от чернозема тем, что верхний гумусный горизонт осветлен, что видно даже невооруженным глазом, в профиле полностью отсутствуют карбонатные новообразования, нет вскипания по всему профилю, кроме того следует отметить некоторую слабую неровность перехода гумусного горизонта в нижележащие.

Западина столь мала, что вряд ли весенние воды могут собраться в ней в том количестве, которое так значимо повлияет на почвенные свойства, в частности на промытость от карбонатов, и уж тем более летние дожди в этой климатической обстановке и при отсутствии водоупора не приведут к вымочке посевов.

Лабораторные исследования показали, что химические свойства почв западин также необычны. По содержанию гумуса почвы большой западины резко отличаются от почв окружающей пашни (рис. 1). В верхних гумусных горизонтах почв дна западины его значения вдвое больше, чем в соответствующих горизонтах окружающего чернозема.

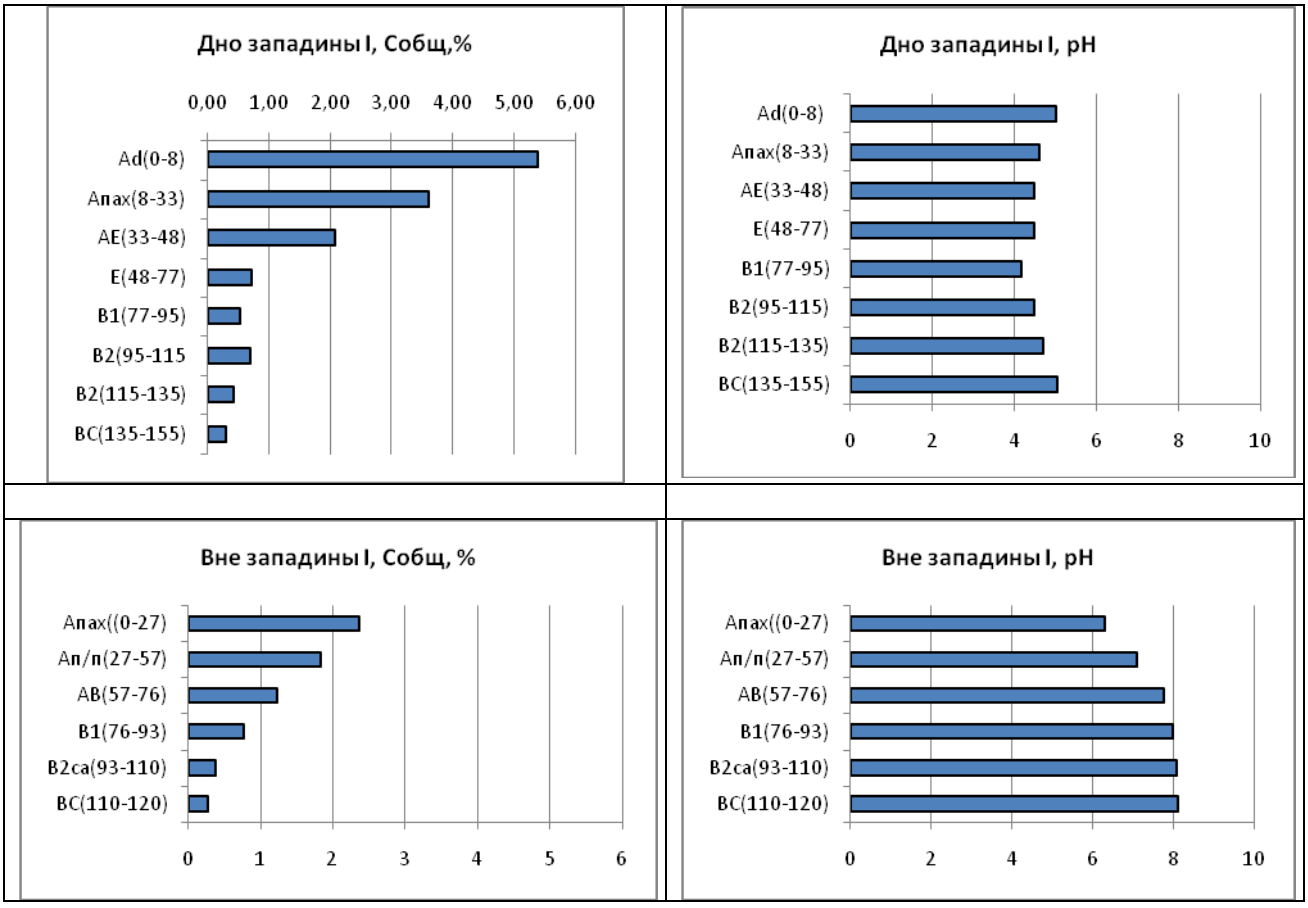


Рис. 1. Общее содержание органического углерода и величины pH в почвах большой (I) западины

Увеличение содержания гумуса не вызывает удивления, поскольку по классическим представлениям [1, 2, 5, 6, 9, 15, 16, 18] в условиях кратковременного весеннего переувлажнения в степной зоне формируются лугово-черноземные, черноземно-луговые почвы, в которых увеличивается содержание гумуса в верхнем дневном горизонте. Однако величины pH в почвах западины не характерны для почв, сформированных действием только воды (рис.1). Реакция среды в исследуемых западинах с выходом молекулярного водорода очень кислая по всему почвенному профилю и колеблется в профиле почвы дна западины в пределах 4,17–5,03. Это резко отличает их от почв окружающего чернозема и от почв, подвергающихся воздействию только временного избыточного переувлажнения в степной зоне. В последних величины pH если и могут снижаться в вернем горизонте, но не так

значительно, и их динамика по профилю практически аналогична чернозёмам, в профиле всегда присутствуют карбонатные новообразования.

Почвы малой западины по содержанию гумуса незначительно отличаются от почв окружающего чернозема, если и прослеживается некоторое увеличение гумуса, то оно на уровне ошибки (рис. 1).

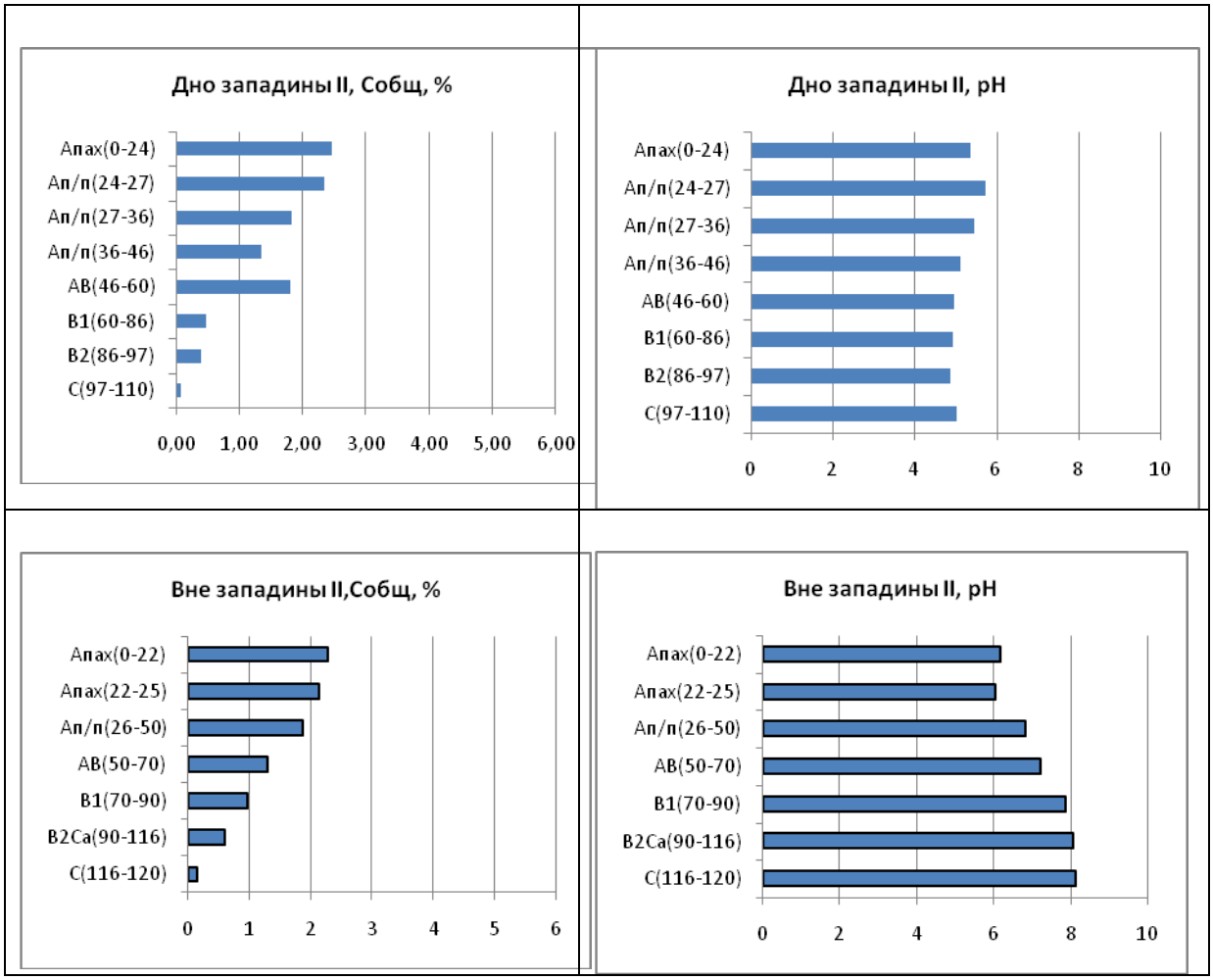


Рис. 2. Общее содержание органического углерода и величины pH в почвах малой западины (II)

Западина очень маленькая, обусловленные в ней рельефом гидротермические условия, в которых формируется почва и, в частности, гумус, практически не отличаются от окружающего чернозема. Однако величины pH в почве западины, в отличие от последнего, очень низкие и снижаются вниз по почвенному профилю (4,87–5,37).

Несмотря на довольно существенное увеличение содержания гумуса, как в почве большой западины, или незначительное, как в малой западине, верхний горизонт почв значительно светлее, чем таковой в фоновых аналогах (табл. 1).

Для выявления изменений в составе гумуса в нашем случае мы посчитали возможным использовать ускоренный пирофосфатный метод определения состава гумуса по Кононовой и Бельчиковой, позволяющий оценить наиболее трансформируемую часть гумуса, включающую гумусовые вещества свободные и связанные с несиликатными формами железа и алюминия, а также с кальцием [3, 4, 13, 16]. Существуют дискуссионные мнения, что в пирофосфатно-щелочную вытяжку, используемую в этом методе могут частично переходить гумусовые вещества и из других фракций [24]. Однако можно, с определенным допущением, считать, что изменения, вызванные сменой гидротермических условий, в большей степени будут касаться именно этой части гумуса.

Таблица 1

Общее содержание органического углерода и светлота
верхних горизонтов почв западин

I западина		
	$C_{общ}$, %	L
Центр западины	5.38 ± 0.54	42.7 ± 0.19
Вне западины	2.37 ± 0.03	32.42 ± 0.18
II западина		
Центр западины	2.47 ± 0.12	35.33 ± 0.12
Вне западины	2.28 ± 0.11	30.42 ± 0.11

То есть понятно, что осветленность верхних гумусовых горизонтов не определяется содержанием в них гумуса, а зависит от его состава.

По составу гумуса почвы большой западины резко отличаются от почв окружающего чернозема.

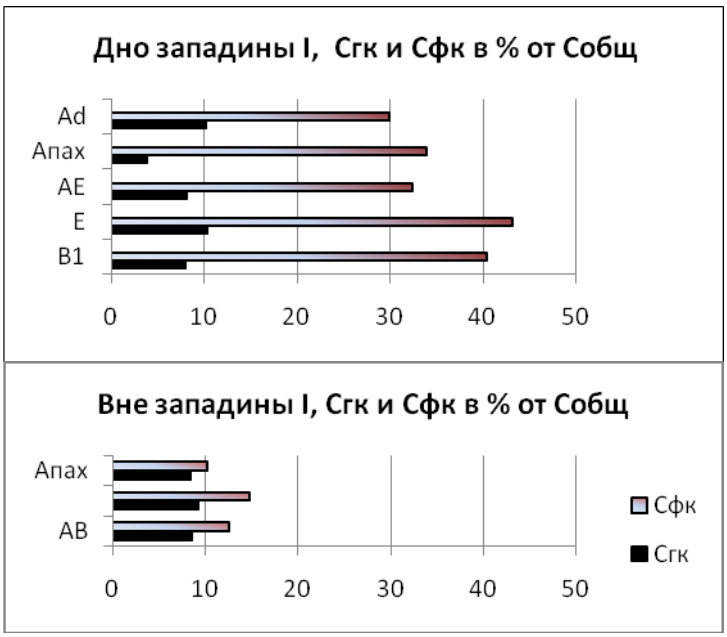


Рис. 3. Содержание гуминовых кислот и фульвокислот
(в % от $C_{общ}$) в почвах большой западины

В последнем соотношение гуминовых кислот и фульвокислот, переходящих в пирофосфатную вытяжку, примерно одинаково. Тогда как в почвах дна западины содержание фульвокислот по всему морфологическому профилю в три – четыре раза превышает содержание гуминовых кислот (рис. 3).

В почвах дна малой западины (рис. 4) наблюдается та же закономерность. Значения трансформируемой части гумуса в целом значительно выше, чем в черноземе. Кроме того, в ее составе значительно больше фульвокислот.

Из литературных данных известно, что поток молекулярного водорода снижает окслительно-восстановительный потенциал почв до крайне низких значений, что также может существенно сказаться на состоянии гумуса и на всех почвенных свойствах [10, 12].

Таким образом, в условиях западин с выходом водорода в почвах наблюдается значительное повышение общей концентрации агрессивных фульвокислот. Это, вероятно, является основной причиной существенного подкисления почвенного профиля.

Нужно отметить, что примерно в ту же сторону действует и временное избыточное переувлажнение, которое, конечно же, присутствует в западинах. Однако таких глубоких изменений в почвах понижений, сформированных только водой, судя по литературным данным, не наблюдается [2, 5, 8, 9, 7, 6]. Кроме того, если в большой западине это можно

было бы отнести за счет кратковременного анаэробиозиса в результате весеннего переувлажнения почвы, то в малой западине, где переувлажнения практически нет, это можно связать только с потоком такого восстановителя как газообразный водород.

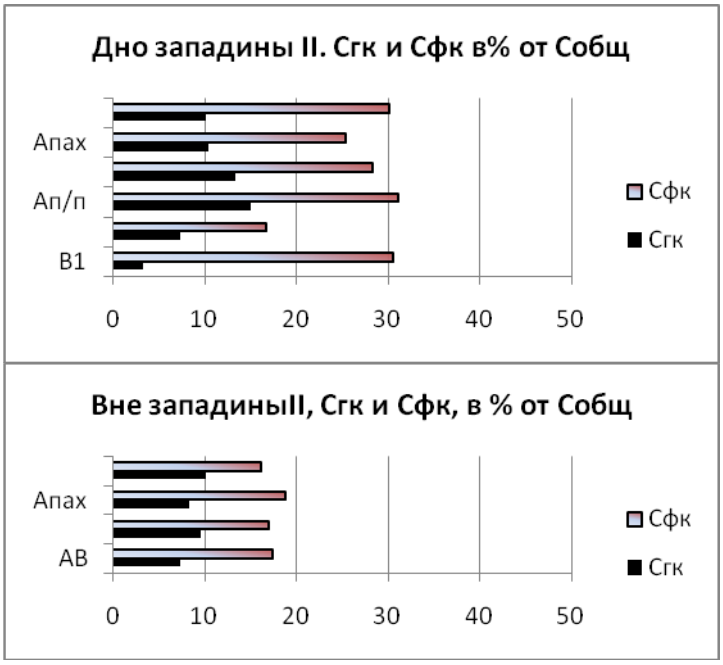


Рис. 4. Содержание гуминовых кислот и фульвокислот (в % от $C_{общ}$) в почвах малой западины

Для попытки раздельно оценить влияние гидроморфизма и потока водорода на гумусное состояние чернозема был поставлен модельный эксперимент по следующей схеме: 1 вариант – почва затоплена, 2 вариант – почва затоплена и через нее пропускался поток водорода. Длительность эксперимента 4 месяца. На протяжении всего срока измерялся окислительно-восстановительный потенциал. В первом варианте затопления без водорода через сутки наблюдалось снижение окислительно-восстановительного потенциала на 100 мV, а во втором варианте с пропусканием водорода на 800 мV. Таким образом, ток водорода действительно резко снижает ОВП до крайне низких значений.

Интересно отметить, что при затоплении почвы с водородом в раствор перешло водорастворимого органического углерода вдвое больше, чем в варианте без водорода, а железа в 2,5 раза меньше.

Обнаружилось, что в составе гумуса при воздействии водорода прослеживается некоторое снижение содержания ГК и ее оптической плотности.

Таблица 2

Элементный состав препаратов гуминовых кислот (модельный опыт)

	Атомные проценты				Атомные отношения			Степень аром.	Сал.
	C	H	O	N	H:C	O:C	C:N		
Вода	41.6	33.1	23.1	2.2	0.79	0.56	18.9	72.4	0.72
Вода+H_2	42.6	32.5	23.1	1.8	0.76	0.54	23.7	74.3	0.69

В элементном составе препаратов гуминовых кислот, выделенных из почвы, также произошли некоторые изменения. Под воздействием водорода увеличилась степень ароматичности ГК.

Из полученных данных становится понятно, что в восстановительных условиях в результате восходящего потока эндогенного водорода происходит отщепление некоторых фрагментов гуминовых кислот, относящихся к их алифатической части.

Замечено, что во время полевых обследований в местах выхода водорода на сельскохозяйственных угодьях часто наблюдается угнетение или полная гибель всходов растений. Иногда это неглубокие западины на полях, а, бывает, западины еще не сформировались, участок ровный, а выпадение всходов точно маркируется измеренным в поле водородом. Местные специалисты объясняют это вымочкой, т.е.посевы гибнут от весеннего временного избыточного переувлажнения. Но в западинах с выходами водорода структура растительности вымочки иная. Если в вымочке, обусловленной только избытком воды, растительность угнетается постепенно от периферии к центру иногда (но далеко не всегда) до полной гибели, то в западинах с выходами водорода граница полной гибели посевов резкая и совпадает с границей выхода водорода. Особенно это заметно на маленьких западинах, где переувлажнение проявлено в очень малой степени, или вообще морфологически не выявляется.

Для проверки был поставлен лабораторный опыт. В стеклянные сосуды (6 шт.) с дренажем из промытого песка помещена одинаковая навеска чернозема, увлажненная до полевой влагоемкости, и высажены семена кресс-салата. Предварительное проращивание длилось 3 дня. Кресс-салат дружно взошел во всех 6 емкостях, всходы достигали 3 см с первым листочком. Величина ОВП почвы, измеренная во всех сосудах, колебалась в пределах (+240) – (+302) mV. На 4 сутки сосуды закрывались крышками, а в три из них (нижние на рис 5) снизу через песок подавался газообразный водород в течение 30 минут. Затем крышки открывались и сразу проводились измерения ОВП. В сосудах с пропусканием водорода величина его резко упала на 250 – 326 mV. Следует отметить, что примерно через час величина ОВП в почве возвращается в исходное состояние. Через сутки растения в сосудах, не обработанных водородом, развивались хорошо, увеличился рост надземной массы (5 см) и длина и масса корней (почти вдвое), а в сосудах, подвергающихся воздействию водорода, растения оказались сильно угнетены, высота не изменилась, роста корней почти не наблюдалось, снизился тургор, некоторые листочки пожелтели. Такую же процедуру мы провели на 4 и 5 день опыта. После трехкратного воздействия водорода растения полностью погибли. На рисунке 5 это три нижних сосуда – остатки растений лежат на почве, в то время как в контроле (верхние сосуды) кресс-салат продолжает развиваться.

Рис. 5. Модельный опыт по влиянию водорода на рост кресс-салата (после третьей обработки водородом)

По такой же схеме был поставлен опыт с пшеницей. Проростки пшеницы в лабораторном опыте оказались более устойчивы к действию водорода, однако наблюдалось существенное замедление роста растений. Ростки пшеницы в сосудах с водородом на 6 и 9 день наблюдения были на 5–7 см меньше контрольных.

Таким образом, ясно, что растения в токе водорода испытывают стресс, приводящий иногда к полной гибели посевов. На данном этапе работы последнее довольно трудно объяснить. Возможно, это связано с воздействием водорода на микробную биомассу. Ранее нами показано, что в токе эндогенного водорода происходит ингибирование микрофлоры, особенно грибов [25]. А, возможно, водород, проходящий через корни растений, негативно влияет на их физиологические функции. Эти предположения требуют серьезных дополнительных исследований.

Выводы

Молекулярный водород, как легчайший газ, с высокой скоростью диффузии поступающий из недр, оказывает сильное влияние на почвы и растительность. В местах его выхода в черноземных почвах формируется очень интенсивный восстановительный процесс, сопровождающийся деструкцией гумуса, обесцвечиванием гумусового горизонта, значительным повышением общей концентрации агрессивных фульвокислот, подкислением почвенного профиля. Растительность в таких местах испытывает стресс, приводящий иногда к ее полной гибели. Поток водорода, обнаруженный в разломных зонах Русской плиты, является крайне негативным фактором, влияющим на экологическое состояние биосферы.

Литература

1. *Ахтырцев А. Б., Самойлова Е. М.* Влияние гидроморфизма на распределение, накопление и состав гумуса в почвах лесостепи // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 1983. С. 3-10.
2. *Безуглова О. С., Назаренко О. Г.* Генезис и свойства мочаристых почв Предкавказья // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1423-1430.
3. *Бельчикова Н. П.* Некоторые закономерности содержания, состава гумуса и свойств гуминовых кислот в главнейших группах почв Союза ССР // Труды почвенного института им.В. В.Докучаева. 1951. Т. XXXVIII. С. 33-58.
4. *Гришина Л. А.* Гумусообразование и гумусное состояние почв. М., 1986. 242 с.
5. *Джиндил А. Р.* О влиянии орошения на состав и содержание гумуса южных черноземов Одесской области // Агрохимия. 1974. 10. С. 106–109.
6. Дмитраков Л. М., Самойлова Е. М. Гумус луговых почв лесостепи // Почвоведение. 1973. № 9. С. 56-62.
7. *Зайдельман Ф. Р.* Морфоглеегенез. Его визуальная и аналитическая диагностика // Почвоведение. 2004. № 4. С. 389-398.
8. *Зайдельман Ф. Р.* Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов почв и ее прикладные аспекты. М.: Изд-во КРАСАНД, 2009. 239 с.
9. *Зайдельман Ф. Р.* Генетические особенности и морфология черноземовидных подзолистых оглеенных почв северной лесостепи // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2005. № 2. С. 3-8.
10. *Канивец В. И.* Взаимодействие водорода, метана и сероводорода с минеральной частью почвы // Почвоведение. 1970. № 5. С. 52–59.
11. *Каспаров С. В., Минько О. И., Аммосова Я. М.* Эмиссия водорода и диоксида углерода почвами при затоплении // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 1986. № 4. С. 23–27.
12. *Кауричев И. С., Орлов Д. С.* Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. М. : Колос, 1982. 247 с.
13. *Кононова М. М.* Органическое вещество почвы. М. : Изд. АН СССР, 1963. 314 с.
14. *Ларин В. Н.* Наша Земля. М. : Агар, 2005. 247 с.

15. *Орлов Д. С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М. : Изд-во Москов. ун-та, 1990. 323 с.

16. *Орлов Д. С., Бирюкова О. Н., Суханова Н. И.* Органическое вещество почв Российской Федерации. М. : Наука, 1996. 254 с.

17. *Попов А. И.* Гуминовые вещества. Свойства, строение, образование. СПб. : Изд-во С-Пб. ун-та, 2004. 246 с.

18. *Самойлова Е. М.* Луговые почвы лесостепи. М. : Изд. Моск. ун-та, 1981. 283 с.

19. *Суханова Н. И., Кирюшин А. В.*, Влияние потока глубинного водорода на химические свойства и гумусное состояние почв. // Система Планета Земля. М. : Ленанд, 2014. С. 195-200.

20. *Сывороткин В. Л.* Глубинная дегазация земли и глобальные катастрофы. М.: Геоинформцентр, 2002. 250 с.

21. *Сывороткин В. Л.* Озоновые аномалии над Воронежем – индикаторы глубинной дегазации // Литология и полезные ископаемые Центральной России : материалы к литолог. совещ. , 3-8 июля 2000. Воронеж, 2000. С. 81-82.

22. *Фокин А. Д.* Включение органических веществ и продуктов их разложения в гумусовые вещества почвы // Изв. Тимирязевской с.-х. акад. 1974. Вып. 6.

23. *Шестопалов В. М., Макаренко А. Н.* Поверхностные и приповерхностные проявления аномальной дегазации // Геологический журнал. 2013. № 3. С.7-25.

24. *Hayes M. H. B.* Solvent systems for the isolation of organic components from soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 2006. V.70, No. 3. P. 986-994.

25. Changes in the humus status and the structure of the microbial biomass / *N. I. Sukhanova etc. //* Eurasian Soil Science. 2013. № 2 (46), P. 135-144.

26. Natural Molecular Hydrogen Seepage Associated with Surficial, Rounded Depressions on the European Craton in Russia / *N. Larin etc. //* Natural Resources Research. 2014. P. 1-15.

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ, ВЕРИФИКАЦИИ И КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

УДК 631.44

КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ КОРИЧНЕВОГО ТИПА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В НИКИТСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ

В. И. Гаврилова
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва,
ya.valentina-gav@yandex.ru

Статья посвящена диагностике коричневого типа почвообразования с помощью исследования целлюлозолитической активности (ЦА) почв. Необходимость применения данного метода обусловлена трудностью диагностики и классификации природных почв Никитского ботанического сада (НБС) из-за отсутствия некоторых признаков, свойственных центральному образу коричневых почв средиземноморских субтропиков. Известно, что почвообразующие процессы в коричневых почвах протекают во влажную и холодную половину года. Измерение ЦА показало, что эта закономерность справедлива и для почв НБС.

Ключевые слова: коричневые почвы, целлюлозолитическая активность, средиземноморский климат, Никитский ботанический сад, заповедник «Мыс Мартьян».

Введение

Традиционно коричневые почвы относят к почвам субтропических переменно-влажных областей со средиземноморским типом климата, для которого характерно сухое жаркое лето и влажная теплая зима. Они формируются под вечнозелеными жестколистными лесами и кустарниками (маквисом, фриганой, шибляком). Выделение коричневых почв как самостоятельного биоклиматического типа обосновано И. П. Герасимовым [6, 7], чьи представления приняты большим числом почвоведов. Согласно этим представлениям основные свойства почв связаны с контрастным водно-тепловым режимом. Процессы внутрипрофильного оглинивания, выщелачивания карбонатов, гумусонакопления протекают в холодную половину года, в жаркий летний сезон они затухают [1, 2, 3, 4, 6, 7, 14].

Типичный профиль коричневой почвы характеризуется насыщенным коричневым цветом и имеет следующие диагностическиегоризонты: темногумусовый (AU), структурно-метаморфический (BM), аккумулятивно-карбонатный (BCA), обычно с сегрегационными формами карбонатных новообразований, и карбонатной почвообразующей породы (Cca) [10, 11]. Исследования коричневых почв Черноморского побережья Кавказа показали, что в сильнощебнистых неполноразвитых коричневых почвах и в выщелоченных коричневых почвах аккумулятивно-карбонатный горизонт и карбонатная материнская порода могут быть не выражены [8, 9].

Почвы Никитского ботанического сада (НБС) не имеют многих признаков, позволяющих однозначно диагностировать в них коричневый тип почвообразования. Отсутствует коричневая прокраска почвенного профиля, что связано с формированием почв на продуктах разрушения и переотложения серых и серо-бурых глинистых сланцев, придающих почве сероватый оттенок. Не обнаружены аккумулятивно-карбонатный горизонт (BCA) и карбонатные новообразования из-за большого количества скелета и регулярных поливов бикарбонатно-кальциевыми водами. Может отсутствовать карбонатная почвообразующая порода – почвы формируются как на бескарбонатном делювии глинистых сланцев, так и на смешанном делювии глинистых сланцев и известняков.

Возможность отнесения природных почв НБС к буроземам, близким по условию формирования и свойствам, также имеет ограничения. Они связаны с щелочной и нейтральной реакцией, насыщенностью основаниями почв сада [10, 11].

Таким образом, морфологическое и химико-аналитическое исследование профиля почв не позволило однозначно диагностировать в них тот или иной тип почвообразования. Для целей классификации почв НБС и окрестных территорий был проведен эксперимент по определению целлюлозолитической активности (ЦА) почв, которая является одним из показателей биологической активности. Задачей этого эксперимента стало определение соответствия почв НБС общепринятым представлениям о коричневых почвах средиземноморских субтропиков – протекание биологических и, соответственно, почвообразующих процессов в зимний период.

Объекты и методы

Объектами наших исследований стали (1) антропогенно-преобразованные – коричневые окультуренные почвы НБС - они имеют природоподобный облик, но содержат единичные артефакты (кирпичи, керамика, стекло, уголь, ракушки), свидетельствующие о былой трансформации, (2) коричневые красноцветные почвы заповедника «Мыс Мартьян» и (3) орошаемые искусственно-сконструированные почвы НБС – конструктоземы.

Наблюдения за ЦА почв проходили с октября 2015 года по сентябрь 2016 года, измерения проводились каждые 4 месяца в течение года, для этого было выделено 3 контрастных по гидротермическим условиям периода: «Прохладный и влажный» (октябрь 2015 г. – январь 2016 г.), «Теплый и умеренно влажный» (февраль 2016 г. – май 2016 г.), «Жаркий и сухой» (июнь 2016 г. – сентябрь 2016 г.).

Определение ЦА почв проводилось аппликационным методом: заложение в почву на глубину 0-50 см кусков хлопчатобумажного полотна в трех повторностях [5, 12, 13]. Хлопчатобумажное полотно (бязь белая) было предварительно разделено на куски равного размера (30х50 см), взвешено и подвержено термической обработке для стерилизации. Затем полотна были навешены на переднюю и боковые, хорошо зачищенные стенки почвенного разреза и закреплены деревянными колышками. После этого куски х/б полотна были экранированы полиэтиленовой пленкой. Полиэтиленовый экран способствует тесному контакту между почвой и целлюлозой во время экспонирования, а также предотвращает контакт полотна с засыпанной обратно в разрез почвенной массой. Таким образом, полиэтиленовый экран позволяет оценить ЦА в конкретном генетическом горизонте.

По истечении каждого периода экспонирования, сохранившиеся остатки кусков хлопчатобумажных полотен максимально аккуратно вынимали из разреза, просушивали, очищали от почвы, фотографировали и взвешивали. Определения ЦА проводилось двумя путями: по потере площади и потере веса экспонированной ткани.

Результаты определения ЦА исследуемых почв интерпретировались с помощью сведений о некоторых химических и морфологических свойствах почв и погодных условиях в течение периода наблюдений (табл. 1).

Таблица 1

Некоторые морфологические, химические и физико-химические свойства почв (по данным автора)

ПОЧВЫ	Горизонт	Глубина	pH	Гумус, %	$CaCO_3$, %	Скелет, %	NO_3, мг/кг	P_2O_5, мг/кг
Конструктозем суглинистый орошаемый	AUur	5-12	7,98	4,57	35,9	52	0,24	21,5
	TCH	12-30	8,36	1,83	20,7	50	0,04	0
	BMur	30-50	8,15	1,71	5,1	63	0	0
Коричневая окультуренная суглинистая	AU	0-10	7,75	5,75	3,7	10	0,36	0,02
	BM	10-30	8,03	1,88	5,5	41	0,02	0
	BMC	30-50	8,03	1,61	5,3	63	0,02	0
Коричневая красноцветная глинистая	AU	0-5	6,3	10,9	0	5	-*	-
	AUBM	5-25	5	2,24	0	10	-	-
	BM	25-50	4	0,86	0	15	-	-

Примечание: * - нет данных.

Обсуждение результатов

Коричневая окультуренная почва, в целом, характеризуется высокой скоростью разложения хлопчатобумажного полотна (рис. 1). Почвы отличаются нисходящим трендом ЦА от зимы к лету – наибольшая интенсивность приходится на «Прохладный и влажный» период – ЦА достигает 80%, а теплой, умеренно-влажной весной и жарким, засушливым летом этот показатель составляет, соответственно, 72 и 65%.

Исследование величин ЦА по генетическим горизонтам почв показало высокую интенсивность разложения х/б полотна в гумусовом горизонте, и падение на 10–15% ЦА весной и на 80% летом в средней части профиля (рис. 2).

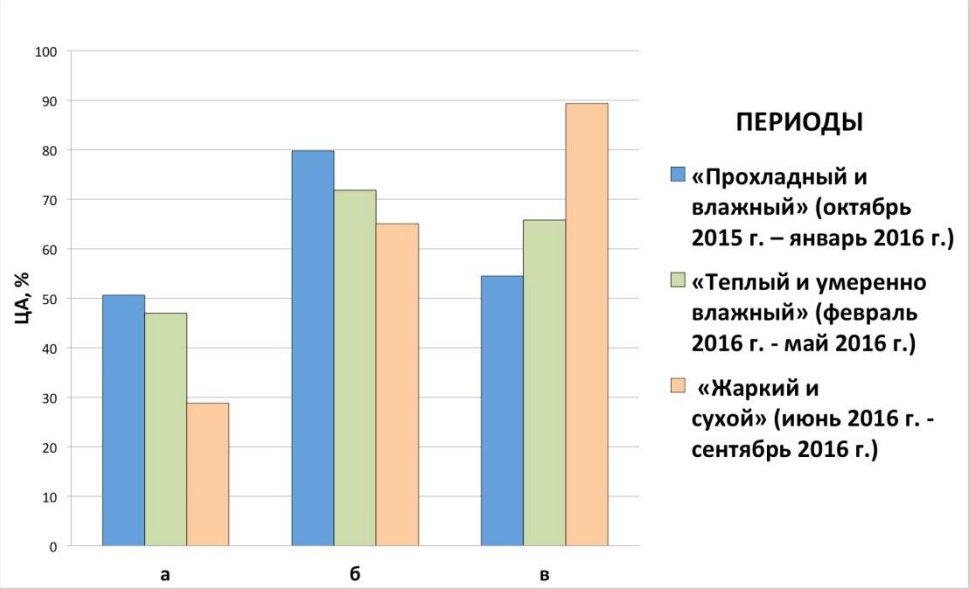
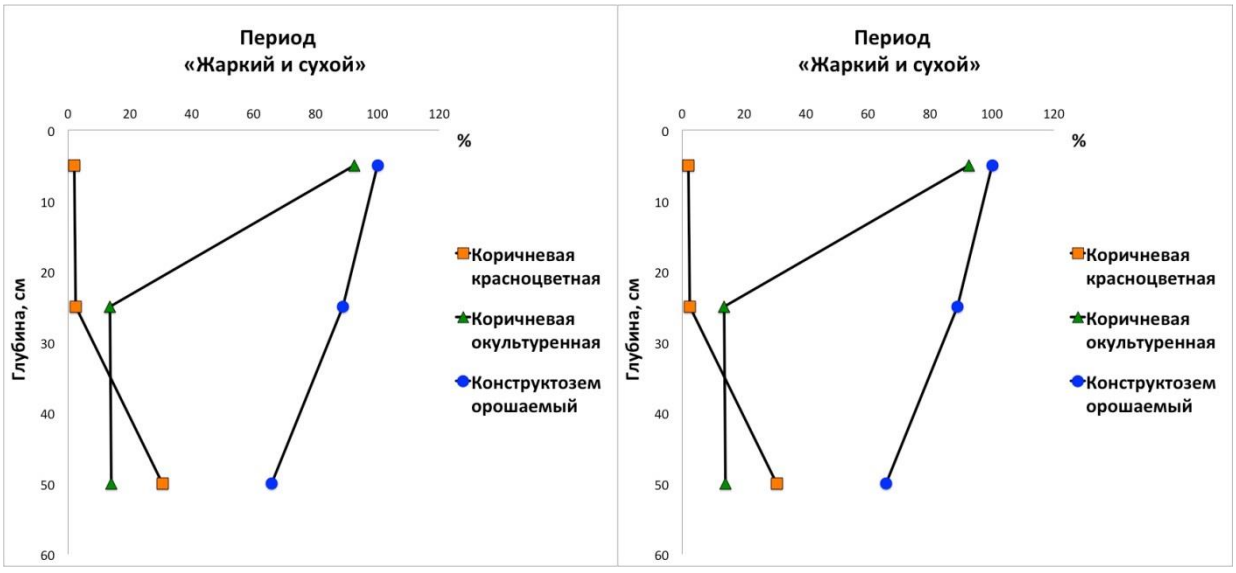


Рис. 1. ЦА почв НБС и заповедника «Мыс Мартьян» в слое 0-50 см
(а - коричневая красноцветная; б – коричневая окультуренная;
в – конструктозем орошаемый)



а *б*

Рис. 2. Профильное распределение ЦА в феврале-мае (а) и в июне-сентябре (б)

Высокая биологическая активность гумусовых горизонтов связана с тем, что они защищены от неблагоприятных погодных условий почвопокровными культурами и лесными

подстилками, которые широко распространены на территории НБС. Существенная роль мощных лесных подстилок (интродуцированных растений) заключается и в том, что при их разложении гумусовый горизонт обогащается элементами питания, которые дополнительно стимулируют биологические процессы в целом и процессы гумусонакопления в частности. С этими причинами связана высокая ЦА почв в верхней части профиля и падение ЦА под гумусовым горизонтом, особенно резкое в жаркий и сухой летний период (рис. 2). К факторам, ограничивающим скорость разложения целлюлозы в средней части профиля можно отнести утяжеление гранулометрического состава почв и увеличение плотности за счет формирования структурно-метаморфического горизонта (BM) (табл. 1).

В отличие от почв НБС, коричневые красноцветные почвы заповедника «Мыс Мартьян» на всем протяжение эксперимента характеризовались наименьшей скоростью разложения х/б полотна (рис. 1). Не возникает сомнений, что причиной этому служит их глинистый гранулометрический состав, небольшое количество включений скелета и отсутствие на поверхности почвы мощных лесных подстилок и слоя из остатков почвопокровных культур, распространенных в НБС (табл. 1). В отношении сезонной динамики ЦА коричневых красноцветных почв наблюдается аналогичный тренд – убывание интенсивности разложения х/б полотна от зимы к лету, что и в коричневых почвах сада, но он выражен резче (рис. 1).

Исследование изменения ЦА в пределах почвенного профиля показало, что в коричневых красноцветных почвах мыса Мартьян пик разложения приходится на срединный метаморфический горизонт (25–50 см), где, по-видимому, сохраняются оптимальные гидротермические условия для микробиологической активности и, следовательно, процессов внутрипочвенного выветривания. Таким образом, распределение ЦА по профилю коричневых красноцветных почв отражает специфику формирования данного почвенного типа – интенсификация процессов почвообразования в срединной части профиля (рис. 2).

Орошаемый конструктозем характеризуется также высокой скоростью разложения х/б полотна (рис. 1), но в отличие от коричневой окультуренной почвы и коричневой красноцветной, пик биологической активности наблюдается в период жаркого и сухого лета (рис. 1). Причиной такого отклонения служит регулярный полив почв летом, что приводит к нарушению естественной динамики биологических процессов в данных климатических условиях. Эти почвы не удовлетворяют главному условию формирования коричневых почв – протекание основных почвообразующих процессов в прохладный период.

Исследование профильного распределения ЦА в этих почвах показало сходную тенденцию с описанными выше коричневыми окультуренными почвами (рис. 2). Однако падение ЦА под гумусовым горизонтом в конструктоземах летом выражено не столь резко, поскольку они отличаются повышенным содержанием скелета в верхней части профиля, что способствует проникновению влаги в нижележащие горизонты и поддержанию тем самым повышенной микробиологической активности (табл. 1; рис. 2).

Выводы

В ходе эксперимента был определен период наиболее активного разложения целлюлозы и, следовательно, протекания почвенных процессов. Оказалось, что коричневые красноцветные и коричневые окультуренные почвы характеризуются одинаковым трендом разложения целлюлозы в течение года (максимум ЦА приходится на период октябрь-январь, затем ЦА убывает и летом достигает минимума). В орошаемых конструктоземах, напротив, в результате полива пик биологической активности смещен на лето.

Исследование изменения ЦА в пределах почвенного профиля показало, что в коричневых красноцветных почвах мыса Мартьян максимум разложения целлюлозы приходится на срединный метаморфический горизонт (25–50 см), где, по-видимому, сохраняются оптимальные гидротермические условия для микробиологической активности и, следовательно, процессов внутрипочвенного выветривания. Почвы сада характеризуются

более высокой ЦА в гумусовых горизонтах, защищенных от неблагоприятных условий почвопокровными культурами и мощными лесными подстилками.

Таким образом, метод оценки биологической активности по ЦА почв позволяет получить представление о ведущих процессах почвообразования и их интенсивности, проследить сезонную динамику почвенных процессов в разных частях почвенного профиля, а также оценить вклад антропогенного фактора в биологическую активность почв и естественный ход почвообразования. Метод может быть информативен для решения некоторых почвенно-генетических вопросов, например, для диагностики коричневых почв.

Литература

1. *Абдулаев М.* Коричневые почвы Аман-Кутанской лесной дачи : автореферат дисс. … кандидата биол. наук. Ташкент, 1965. 22 с.

2. *Адел Рукийа.* Особенности генезиса и классификации коричневых почв : автореферат дисс. … кандидата биол. наук. М., 1991. 26 с.

3. *Анджапаридзе И. Е.* Коричневые лесные почвы Грузии : автореферат дисс. …доктора сельскохоз. наук. Тбилиси, 1966. 38 с.

4. *Ахундова А. Р.* Сравнительная характеристика бурых горно-лесных и коричневых горно-лесных почв Малого Кавказа : автореферат дисс. … кандидата сельскохоз. наук. Баку, 1967. 22.

5. *Гельцер Ю. Г.* Показатели биологической активности в почвенных исследованиях // Почвоведение. 1990. № 9. С. 47–60.

6. *Герасимов И. П.* Коричневые почвы сухих лесов и кустарниковых степей // Тр. Почв. ин-та АН СССР. 1949. Т. XXX. С. 213-233.

7. *Герасимов И. П.* Коричневые почвы средиземноморских областей // Доклады V Международного конгресса почвоведов. М. : Изд-во АН СССР, 1954. С. 5-22.

8. *Геращенко И. Н.* География и особенности почвенного покрова Российского Причерноморья в пределах Краснодарского края // Современные научные исследования и разработки : материалы Междунар. (заоч.) науч.-практ. конф. Прага, 2017. С. 623-630.

9. Почвенный покров государственного заповедника «Утриш» / *К. Ш. Казеев и др.* // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=11185 (дата обращения: 22.09.2017).

10. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

11. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977

12. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

13. *Мишустин Е. Н., Петрова А. Н.* Определение биологической активности почвы // Микробиология. 1963. Т. 32, Вып. 3. С. 479-483.

14. *Накаидзе Э. К.* Коричневые почвы Грузии и их генетические особенности : автореферат дисс. … кандидата географ. наук. М., 1965. 26 с.

УДК 631.44

ПОДТИПЫ В СУБСТАНТИВНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ РОССИИ

И. И. Лебедева

Почвенный институт имени В. В. Докучаева, г. Москва,

justhope@mail.ru.

Показана необходимость изменения структуры субстантивно-генетической классификации почв (2004 г.), направленного на ранжирование массива признаков, диагностирующих подтипы, в соответствии с их генетической значимостью и временной устойчивостью. Предлагается в иерархической последовательности таксонов выделять

классификационные группы ниже подтипового ранга, которые, в отличие от видовых категорий, сохраняют диагностику по качественным, а не количественным показателям.

Ключевые слова: модификация горизонтов, подтиповые показатели, сложные подтипы, экологическая обусловленность.

Подтипы в эколого-генетических классификациях 1967–1977 гг. [1; 7] представляют собой следствие изменений климата и биоты с севера на юг и с запада на восток в соответствии с подзонально-фациальной системой почвенного районирования. Подзональный ряд подтипов характеризуется неоднозначной диагностикой. Если в почвах таежной зоны подзональные различия проявляются в строении профиля и вполне очевидны, то в степных и сухостепных почвах ситуация иная. Их подтиповая диагностика основана на количественных показателях гумусовых аккумуляций и глубины залегания карбонатов, которые убывают с севера на юг. Однако эта закономерность реализуется только как общая тенденция, которая нарушается в связи с вмешательством породного фактора и/или особенностей рельефа. Кроме того, подзональные различия в размерах гумусовых аккумуляций в значительной степени нивелированы в результате длительного сельскохозяйственного использования [4; 5]. Границы подтиповых ареалов зачастую определялись не по свойствам почв, а по климатическим рубежам. Наглядным примером может служить граница между южными черноземами и темно-каштановыми почвами. Еще более неопределенными являются разделительные признаки фациальных подтипов [1].

Трансформации почвенного профиля, не связанные с климатом, в эколого-генетической классификации относятся к родовым таксонам, при выделении которых учитываются особенности почвообразующих пород, локальные признаки переувлажнения, солонцеватость и засоление, степень развития профиля, присутствие второго гумусового горизонта. Диагностические признаки, отражающие эти явления, зачастую выражены более контрастно, чем обусловленные климатом подтиповые показатели [3]. Поскольку роды – таксоны более низкого уровня, чем подтипы, такое положение не могло не вызывать вопросы и недоумения.

В субстантивно-генетической классификации почв России [2; 6] подтиповым уровням соответствовали любые модификации генетических горизонтов, независимо от причин их появления. Отказавшись от приоритета климатического фактора и получив полную свободу, подтипы активно размножились, образовав обширный массив разнокачественных в отношении генетической значимости и временной устойчивости образований. Подтипы учитывают особенности генезиса и современных режимов, связи между типами и/или отделами почв, специфику почвообразующих пород, последствия антропогенных воздействий и др. Как следствие, подтипы оказались «в свободном плавании», они не закреплены за определенными типами и в последнем издании классификации [6] представлены общим списком в отделах почв. Их число в отделе текстурно-дифференцированных почв достигает 36, в отделе альфегумусовых почв – 31, в отделе органо-аккумулятивных почв – 32. Процесс увеличения количества подтипов продолжается, отражая стремление исследователей закрепить на этом достаточно высоком уровне любые частные изменения типового профиля.

Обилие подтиповых диагностических признаков затрудняет их использование, препятствует выявлению индивидуальности подтипов, их «экологических ниш». Для удобства пользования была проведена рубрикация всего набора разнородных диагностических признаков. В зависимости от факторов образования определены шесть генетических групп (переходные, процессные, турбационные, эволюционные, породные и аккумулятивно-субстратные), а выделенные подтипы разделены на индивидуальные, общие и универсальные. При этом все выделы имеют один таксономический уровень, а потому представленная в классификации группировка не меняет сложившуюся ситуацию. Отсутствие ранжирования диагностических признаков и, следовательно, невозможность выделения таксонов более низкого, чем подтипы, уровня, определяет появление так

называемых сложных подтипов, выделяемых по нескольким признакам, в результате чего их название превращается в своеобразное описание профиля.

Очевидно, настала необходимость пересмотра подтиповых диагностических признаков с позиций оценки их генетической значимости и закрепления на разном таксономическом уровне. При этом в качестве диагностических критериев подтипов следует, вероятно, рассматривать признаки «наложенных» процессов, определяющих переходы между типами, а также признаки, отражающие формы проявления процессов, контролирующих диагностические горизонты. Эти признаки в основном относятся к переходной и процессной группам и определяют образование индивидуальных подтипов, связанных с особенностями почвообразования конкретных типов. Таким образом, подтипы оказываются привязанными к определенным типам, экологически обусловлены и сохраняют свою индивидуальность.

Примером подобных образований могут служить почвы, в которых диагностический срединный горизонт преобразуется под влиянием современных режимов в результате особенностей миграции и аккумуляции различных веществ, прежде всего оксидов железа и карбонатов. Понятно, что такие подтипы имеют вполне определенные экологические ниши. Так, в типе альфегумусовых подзолов различаются иллювиально-железистый подтип, характерный для севера Русской равнины и Западносибирской низменности, и иллювиально-гумусовый подтип, преобладающий в тайге Средней и Восточной Сибири. Кроме того, выделяются псевдофибровый, конкреционный и оруденелый подтипы, отражающие своеобразие осаждения оксидов железа в связи с особенностями водного режима при частой смене окислительных и восстановительных условий. Особое место занимает криогенно-ожелезненный подтип, формирующийся в результате миграции железа к фронтам промерзания и окисления. Другим примером трансформации срединных горизонтов в связи с особенностями современных режимов является аккумулятивно-карбонатный горизонт черноземов, в котором разное сочетание миграционных и сегрегационных форм карбонатных новообразований определяется характером миграции почвенных растворов в многолетнем цикле.

Среди выделов более низкого, чем подтипы, уровня целесообразно обратить внимание на родовые таксоны, признаки которых не привязаны к определенным «хозяевам» и могут встречаться в разных типах-подтипах. К таким признакам можно относить переуплотнение агрогоризонтов, проявление стратификации или абразии, литобарьеры в пределах профиля и др. Заметим, что в отличие от родов в эколого-генетической классификации 1977 г., предлагаемые родовые подразделения лишь в отдельных случаях отражают специфику почвообразующих пород. Супесчано-песчаные и суглинисто-глинистые субстраты, элювий плотных пород и другие определяют формирование принципиально разных профилей, относимых к разным типам. В качестве таксонов ниже рода можно предложить выделение стадий (или фаз), соответствующих отдельным частным этапам процесса, характерного для диагностического горизонта. На этом уровне возможно рассматривать гетерогенный признак агрогоризонтов, оземление и деструкцию агроторфяных горизонтов, признаки потечного гумуса под органогенным горизонтом, разную степень контактного осветления при наличии в почвенном профиле литобарьера и т.д. В настоящее время перечисленные признаки, относимые к турбационной, эволюционной, породной и аккумулятивно-субстратной группам, служат основанием для выделения так называемых общих и универсальных подтипов.

Литература

1. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 123 с.

2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

3.] *Лебедева И. И., Тонконогов В. Д.* К вопросу о выделении почвенных провинций // Тезисы докладов 1V делегатскому съезду почвоведов. Алма-Ата, 1970. С. 124-126.

4. *Лебедева И.И.* Современные гумусовые аккумуляции в черноземах Русской равнины // Современные проблемы почвоведения. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. М., 2000. С. 55-68.

5. *Лебедева И. И., Овечкин С. В*. Карбонатные профили восточноевропейских черноземов // Почвоведение: аспекты, проблемы, решения. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. М., 2003. С. 34-55.

6. Полевой определитель почв России. М. : Почв. ин-ут им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.

7. Указания по классификации и диагностике почв. М. : Колос, 1967. Вып. 1-V.

ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ, СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

УДК 631.452

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В МИКРОСТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПИЖМО-КОКШАГСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Н. Д. Охорзин
Вятский государственный университет, г. Киров,
ohorzin-nd@yandex.ru

В статье рассмотрены особенности структуры почвенного покрова (СПП) агроландшафтов Пижмо-Кокшагского междуречья. Изучены закономерности в изменении состава и морфометрических показателей в почвенных микрокомбинациях на отдельных элементах мезорельефа с анализом их изменений вниз по профилю рельефа. На этой основе предложена агроландшафтная и агропроизводственная типизация земель на исследуемой территории.

Ключевые слова: морфометрические показатели, микрокомбинация почв, агропроизводственные типы земель.

Введение

Территория исследования представлена водораздельными пространствами притоков рек Пижмы, Большой и Малой Кокшаги, расположенными между 57^0 и 58^0 с.ш. На западе она условно ограничена административной границей Кировской области, на востоке – долиной р. Немды. Общий характер рельефа равнинный с абсолютными высотами от 100 до 200 м. Изучение структуры почвенного покрова (СПП) на основе концепций её уровневой организации [2, 4, 5] и структурно-функциональных исследований [1] позволяет выявить ряд новых закономерностей в формировании и использовании почв, и почвенного покрова в целом, на исследуемой территории.

Объекты и методы

Закономерности и особенности изменения компонентного состава и морфометрических показателей в микроструктуре почвенного покрова (микро-СПП) агроландшафтов Пижмо-Кокшагского междуречья изучались на основе её среднестатистической модели для преобладающей низменно-равнинной части региона. Эта модель была получена в результате анализа микрокомбинаций почв (микро-ПК) пробных площадок на основных элементах мезорельефа (водораздельное плато, средняя и нижняя частисклона) 6 «ключевых» участков, проведенная автором в масштабе 1: 2000.

Обсуждение результатов

На плоских водораздельных плато и приводораздельной части склона сформировалась микро-ПК из крупных элементарных почвенных ареалов (ЭПА) дерново-среднеподзолистых почв с бугорково-депрессионной пятнистостью дерново-слабо и дерново-сильноподзолистых, дерново- подзолистых глееватых и дерновых глееватых почв: $П^{Д}_{2} + (П^{Д}_{1,3}\ П^{ДГ}\ Д^{Г})$.

На пологих выпукло-вогнутых средних частях склонов водораздельных пространств микро-ПК представлена пятнистостью-комплексом дерново-слабо- и дерново-среднеподзолистых, дерново-подзолистых эродированных, дерново-подзолистых глееватых и дерново-глееватых почв с микромозаикой почв дерново-карбонатого типа и дерновыми намытыми ображно-балочными почвами: $(П^{Д}_{1,2}\ П^{ДЭ})\ П^{ДГ}\ Д^{Г}$ х $Д_{К}+Д_{Н.}$

На выравненных и слабовогнутых нижних частях склонов водоразделов микро-ПК образованы комплекс-пятнистостью дерново-подзолистых глееватых и дерновых глеевых

почв с вариацией дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв, почвами болотного низинного типа и овражно-балочного комплекса: (ДГ $Д^{Г}$ $П^{ДГ}$)+($П^{Д}_{2}$ – $П^{Д}_{3}$)+$Б_{Н}$+ОБК.

Изменения в соотношении компонентов микро-ПК отдельных элементов рельефа характеризуется уменьшением вниз по профилю рельефа доли автоморфных дерново-подзолистых почв, с увеличением среди них видов почв более сильной степени оподзоленности, что указывает на усиление роли элювиально-глеевого процесса в процессе подзолообразования (рис. 1). Особенностью исследуемой территории является также наличие дерново-подзолистых глееватых и дерновых глееватых почв в составе микро-ПК на всех элементах рельефа, доля которых постепенно возрастает вниз по профилю рельефа. Это также подтверждает усиление роли и влияния элювиально-глеевых и глеевых процессов в почвообразовании региона. Его литолого-геоморфологические особенности [3] обусловили слабое развитие почв дерново-карбонатного типа и эродированных почв, формирование которых отмечается только в микро-ПК почв средних частей склонов водораздельных пространств.

Наибольшая средняя величина (М) ЭПА характерна для микро-ПК водораздельных плато. В микро-ПК средней части склонов происходит её резкое уменьшение с дальнейшим незначительным сокращением в микро-ПК нижней части склонов. Изменение формы ЭПА характеризуется постепенным переходом от преобладания изоморфных форм в микро-ПК водораздельных плато и приводораздельной части склонов к лопастным и линейным формам ЭПА в микро-ПК средней и нижней части склонов. Это нашло своё отражение в постепенном и незначительном увеличении коэффициента расчленения (КР) ЭПА вниз по профилю рельефа. При этом наблюдается обратная зависимость в изменении средней величины ЭПА и показателей их расчленённости вниз по профилю рельефа. Спокойный характер изменения литолого-геоморфологических условий формирования почвенного покрова на различных элементах рельефа определил небольшие интервалы в колебании величин этих показателей.

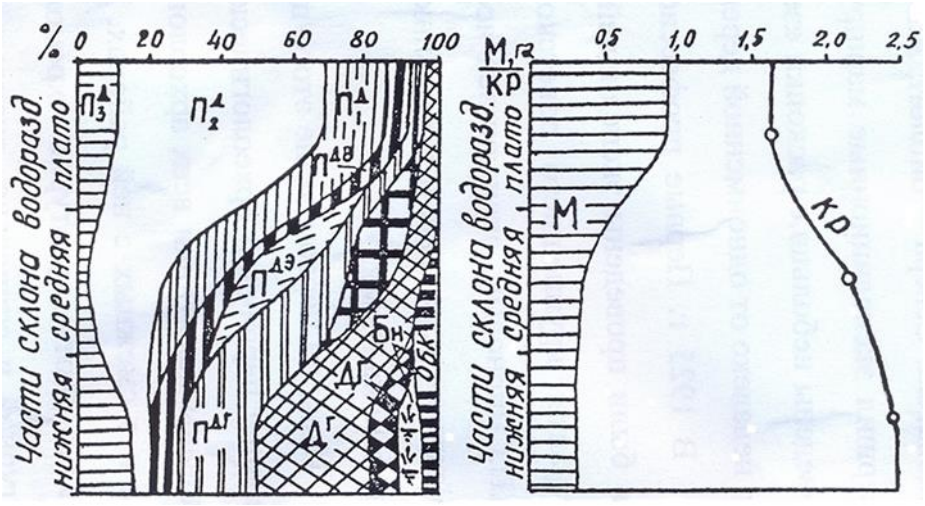


Рис. 1. Изменение компонентного состава, средней величины ЭПА (М) и их расчленённости (КР) в микро-ПК вниз по профилю рельефа

Уменьшение величины ЭПА и увеличение их расчленённости определило также и увеличение пространственной дифференцированности микро-ПК вниз по профилю рельефа. (рис. 2) Величина коэффициента сложности (КС), отражающий эту характеристику, резко возрастает в микро-ПК средней части склонов и более тесно связана с изменением средней величины ЭПА. Изменение контрастности почвенного покрова также имеет тенденцию к увеличению вниз по профилю рельефа (рис. 2). При этом показатель этой характеристики почвенного покрова (коэффициент контрастности – КК) складывается из 4

показателей (коэффициентов): по генетическим свойствам (ККг), гранулометрическому составу и почвообразующим породам (ККм), эродированности (ККэ) и увлажнению (ККу). Общий характер изменения суммарной контрастности (КК) вниз по профилю рельефа определяется увеличением ККг, на долю которого приходится почти половина её величины. Однако, резкое увеличение суммарной контрастности в почвенном покрове средней части склона связано с увеличением ККу и появлением ККэ. Их значения в микро-ПК нижних частей склонов снижаются, что приводит и к небольшому снижению суммарной контрастности. Это определяется их выполаживанием и преобладанием здесь временно переувлажненных почв. Но увеличение в микро-ПК нижней части склонов контрастности почвенного покрова по гранулометрическому составу и характеру почвообразующих пород (ККм) поддерживает здесь более высокую, чем на водораздельных плато, суммарную контрастность.

Изменение интегрального показателя морфометрической характеристики почвенного покрова, коэффициента неоднородности (КН), также характеризуется его увеличением вниз по профилю рельефа с резким возрастанием в микро-ПК средней части склонов, отражая здесь более тесную связь с показателями контрастности (рис. 2). Дальнейшее увеличением КН в микро-ПК нижней части склона, имеет более тесную связь с увеличением показателей пространственной дифференцированности, что обусловлено большим влиянием изменения форм микрорельефа при близком залегании грунтовых вод и развитием процессов оглеения.

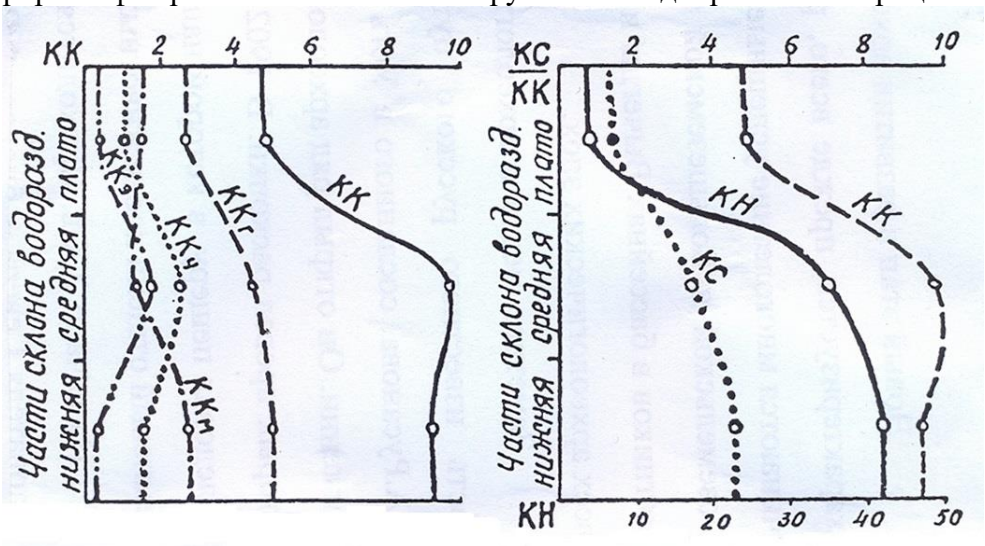


Рис. 2. Изменение коэффициентов сложности (КС), контрастности (суммарной-КК и по свойствам: ККг, ККм, ККэ, ККу) и неоднородности в микро-ПК вниз по профилю рельефа

Анализ изменения компонентного состава и морфометрических показателей позволяет отнести все микро-ПК исследуемой территории по факторам дифференциации к топографо-флювиально-породной группе. Пространственная дифференциация по доминированию одного или комплекса взаимообусловленных литолого-геоморфологических условий формирования микро-ПК и характеризуемая их конкретными морфометрическими показателями, позволяет объективно дополнить подходы в выделении агроландшафтных типов местности. Критерием оптимальности их топологического разделения является изменение коэффициентов геометрической дифференцированности (сложности), контрастности и неоднородности микро-ПК. В свою очередь, каждая из них имеет определённый набор агроэкологических условий и лимитирующих факторов, обуславливающих выбор элементов систем земледелия и видов сельскохозяйственных культур, что позволяет обосновать выделение трёх основных агропроизводственных типов земель.

1 тип земель представлен микро-ПК плоских и слабоволнистых плато. Этот тип земель характеризуется средней степенью мелкоконтурности и расчленённости, слабой геометрической дифференцированностью, слабой контрастностью и неоднородностью почвенного покрова. Он наиболее удобен для сельскохозяйственного освоения, но местами требует проведения осушительно-мелиоративных работ с культуртехническим улучшением пахотных угодий, с целью гомогенизации почвенного покрова. Для повышения плодородия почв требуется внесение зонально-рекомендуемых доз органических и минеральных удобрений, известкование кислых почв.

2 тип земель характеризуется составом компонентов микро-ПК пологой, выпукло-вогнутой, средней части склонов водоразделов со средней степенью расчленённости и сильной мелкоконтурностью, которая определяет его высокую геометрическую дифференцированность. Очень близка к сильной и степень контрастности почвенного покрова, что, в целом, определило его высокую неоднородность. Все мероприятия по сельскохозяйственному использованию почвенного покрова в этом типе земель должны учитывать степень его эродированности, высокую контурность и неоднородность.

3 тип земель представлен микро-ПК нижней, слабовогнутой (или слабо террасированной) части склонов водораздельных пространств. Тип земель характеризуется сильной степенью мелкоконтурности, расчленённости и геометрической дифференцированности. Но показатели контрастности здесь имеют среднюю степень выраженности и ниже, чем в типе земель средней части склонов. Это связано с широким распространением глееватости почв. Однако высокая степень геометрической дифференцированности определила сильную степень неоднородности почвенного покрова в этом типе земель. Сельскохозяйственное освоение требует здесь обязательных осушительно-мелиоративных и культур технических мероприятий, введения соответствующих севооборотов и агротехники, внесения органических и минеральных удобрений, известкования кислых почв и гомогенизации почвенного покрова.

Выводы

Анализ закономерностей изменения морфометрических показателей микроструктуры почвенного покрова (микро-СПП) позволяет более объективно отразить пространственные изменения в факторах дифференциации, компонентном составе почвенного покрова территории исследования и провести агроландшафтную и агропроизводственную типизацию земель.

Литература

1. *Апарин Б. Ф.* Географические основы рационального использования почв на двучленных породах / РАН, Русское геогр. общество. СПб. : Наука, 1992. 184 с.

2. Методология составления крупномасштабных агроэкологически ориентированных почвенных карт / сост. Н. П. Сорокина; ред. Л. Л. Шишов, Е. И. Панкова; Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. РАСХН. М., 2006. 159 с.

3. *Тюлин В. В.* Почвы Кировской области. Киров : Волго-Вятское книжн. изд-во, 1976. 288 с.

4. *Фридланд В. М.* Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 424 с.

5. *Фридланд В. М.* Структуры почвенного покрова. М.: Мысль, 1984. 235 с.

АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, АГРОХИМИЯ, ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

УДК 631.51.912.43.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕЖИМОВ НА ПРЕДКАВКАЗСКОЙ РАВНИНЕ

В. С. Белоусов, В. В. Тараненко,
Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений, г. Краснодар, bioprotect@kubannet.ru
А. Б. Володин
Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Михайловск, sniish@mail.ru

Изложен опыт использования в производственных условиях технологических приемов, основанных на ионообменных, сорбционных процессах и фитобиоремедиации по оптимизации почвенных регионов.

Ключевые слова: почвы, почвенные регионы, деградация, PGPRPseudomonas, сорбционные технологии, фитобиоремедиация.

Введение

Несмотря на то, что почвенный покров является конечным этапом в эволюции земной поверхности и обладает значительными резервами устойчивости и саморегуляции, он чрезвычайно чувствителен к антропогенному воздействию. Ландшафты и почвенный покров меняются в физическом, химическом и биологическом отношениях. Скорость и степень изменения почвенного покрова постоянно увеличиваются. Агроэкосистемы меняют в пространстве свою структуру, образуя часто вопреки хозяйственному воздействию подсистемы, обладающие инвариантом. Постепенное снижение продуктивности почв, вследствие утраты биологического потенциала, проявляется во всех сельскохозяйственных зонах России [1].

Почвенный покров южных регионов РФ, где сосредоточенно наиболее ценное сельскохозяйственное производство, уникален. На предкавказской равнине на площади нескольких миллионов гектаров залегают черноземы, которые не имеют аналогов в мировом почвенном покрове и являются национальным достоянием. Однако процессы почвенной деградации охватывают и этот регион. Так, на почвенной карте Краснодарского края исчезли среднегумусные и тучные черноземы, развиваются процессы физической деградации и подтопления изначально автоморфных почв. Анализ мирового опыта показывает, что устранение деградационных процессов, оптимизация биологической функции почвенного покрова наиболее эффективны при использовании элементов агротехнологий, основанных на ионообменных, сорбционных процессах и фитобиоремедиации.

Обсуждение результатов

Основываясь на современных методических принципах [5, 6, 7, 9], при производственной проверке разрабатываемых технологических приемов нами было подтверждено, что экологическая система не является статичной, и процессы деградации не являются деторминированными при использовании технологий оздоровления почв, которые, по сути, являются компенсационными мероприятиями при интенсивном использовании почвенного покрова. Одним из наиболее эффективных приемов оздоровления почв, загрязненных остатками пестицидов, являются углесорбционная детоксикация, основанная на применении активированных углей [2]. Установлено, что интервалы степени

активации 0,36–0,55 и объемов микропор 0,19–0,35 $см^3/г$ наиболее оптимальны для санации водно-почвенных систем и устранению скрытой токсичности, которая практически никогда не учитывается. Десорбция поглощенных остатков пестицидов требует несоизмеримо больше энергетических затрат, чем сорбция, растянута во времени и происходит в объемах токсичности, которые почвенная система в состоянии инактивировать. Это способствует повышению продуктивности почв (рис. 1) и полученюсельскохозяйственной продукции, соответствующей международным стандартам качества [2].

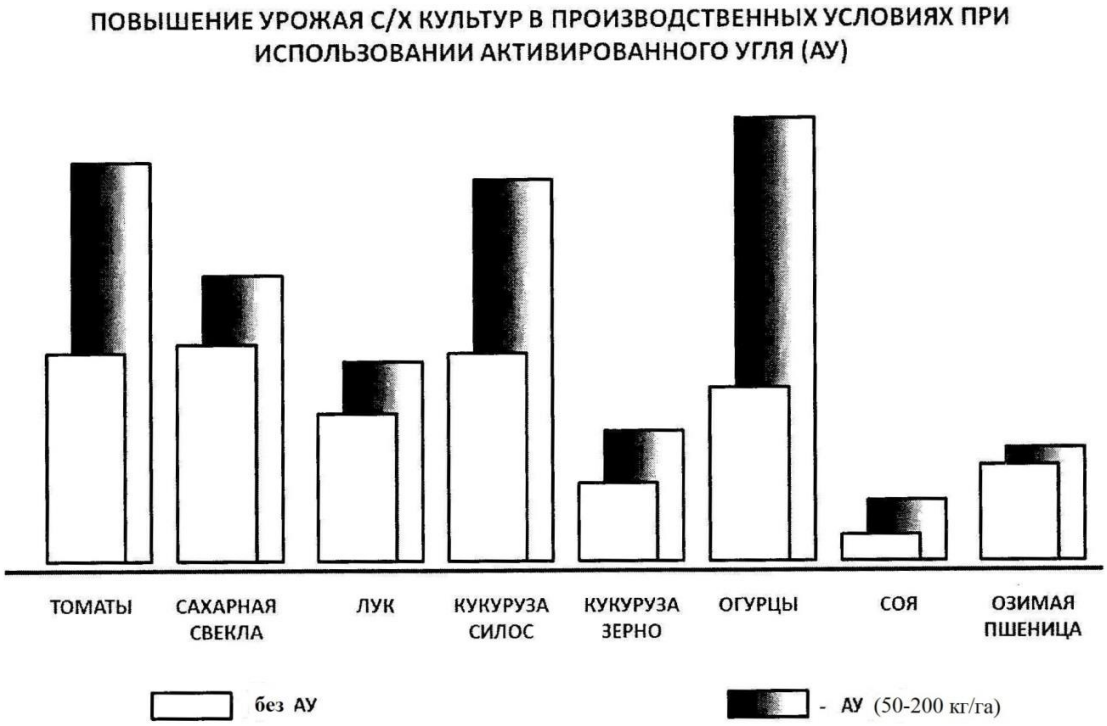


Рис. 1. Влияние почвенного применения активированного угля (АУ) на урожайность сельскохозяйственных культур

Нами были запатентованы инактиваторы остатков почвенных гербицидов с отличными от активированных углей физико-химическими свойствами на основе полиионных полимеров, четвертичных алкиламмониевых солей, пористо-дисперсных матриц минеральной (бентонит) и органической (гуминовая кислота) природы [3]. В условиях производственных опытов показана их повышенная селиктивность к остаткам почвенных гербицидов классов феноксилкарбоновых кислот, сульфонилмочевин, хинолин карбоновых кислот и при применении в дозах 50–100 кг/га охватывать большой объем почвы.

Изучение цеолитсодержащих пород местных месторождений [42] показало, что сербиционные композиции на их основе обладают способностью не только иноктивировать остатки почвенных гербицидов, но и снижать поступление тяжелых металов в растениях (Cu и Zn в большей степени, чем Pb и Cd). Эти композиционные материалы особенно эффективны на почвах лугового типа милиоративной зоны (древняя дельта Кубани). Использование таких композиций в дозах 150–200 кг/га на луговых почвах и 200–300 кг/га на перегнойно-глеевых почвах способствует повышению урожайности с/х культур на 10–12%. Наиболее оптимальны для иноктивации композиции, содержащие минеральную и углеродную части в массовом отношении от 7:3 до 5:5. Микрофлора цеолитсодержащих пород и значительный шлейф микроэлементов, входящих в их состав, оказывают супрессирующее влияние на патогенные грибы, вызывающие корневые гнили. Ними запатентована возможность значительного усиления супрессирующих свойств цеолит

содержащей породы при иммобилизации на ней микрофлоры класса PGPR Pseudomonas (Pseudomonas aureofuciens Bs 1393).

Особенно высокая эффективность в улучшении химических и физических свойств почв, их солевого режима отмечается при возделывании сорговых культур. Так, исследованиями установлено, что сорговые культуры вызывают, помимо общего снижения содержания солей, качественные изменения засоления почв. Снижается содержание вредных сульфатов ($MgSO_4$, Na_2SO_4), понижается количество легкорастворимых нетральных солей ($CaCl_2$, NaCl, $MgCl_2$), а снижение количества нейтральных солей в почвенной толще уменьшает процессы гидролиза или почвенных коллоидов, приводящее к образованию наиболее токсичных для растений щелочных солей. Механизмы рассоления почв сорговыми культурами связаны с интенсивным дренированием корнями значительной толщи почвенных горизонтов (не менее 2 м) и накоплением солей в вегетативной массе.

Минерализация значительной массы корневых остатков сорговых культур приводит к увеличению межпорового пространства в профиле, повышению порозности всего профиля, что в конечном итоге снижает плотность почвы.

В пахотном горизонте формируется агрономически ценная структура (табл. 1), запасы влаги в зоне активного корнеобитания (0–100 см) перед вегетацией в 1,5–1,7 раза выше, чем на пшенице (рис. 2).

Таблица 1

Структура пахотного горизонта чернозёма выщелоченного легкосуглинистого

Культура	Размер агрегатов, мм		Коэффициент структурности	Водопрочность, %
	0,25–10,0%	<0,25 и > 10,0%		
Озимая пшеница	43,0	57,0	0,75	66,5
Сорго зерновое	61,8	38,2	1,62	70,3

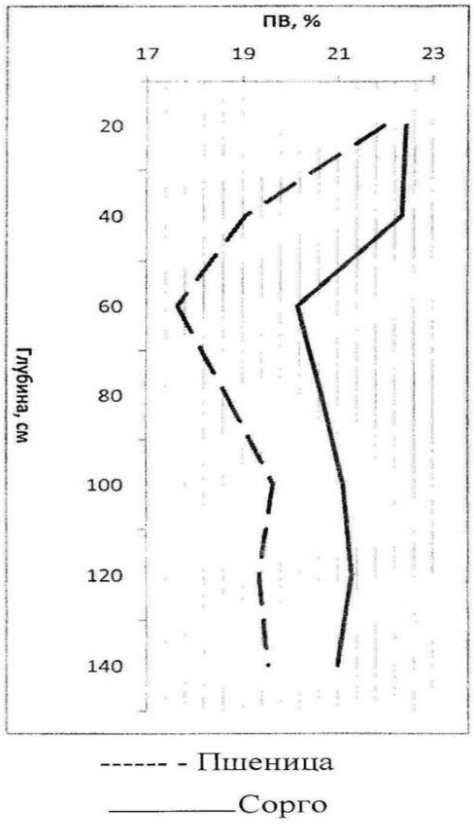


Рис. 2. Влияние сорговых культур на полевую влагоемкость выщелоченных черноземов

В качестве общей закономерности фитомелиоративного действия сорговых культур следует отметить, что последствия заключаются в том, что в профиле почв начинают преобладать легко доступные формы влаги (ПВ – ВРК). Оптимизация водно-физических свойств корнеобитаемой толщи почв возможна только растительным сообществом, и роль сорговых культур в устранении процессов физической деградации наиболее значительна.

На развитие и продуктивность сорговых культур значительное влияние оказывают бактерии класса PGPRPseudomonas и эндомикоризные грибы Glomus (9). Так, установлено, что совместное применение для инокуляции семян штаммов Pseudomonas fluorecsens 38 (продуциент пиолютеорина) (коллекция ИБФМ РАН и Glomus intraradices 7, коллекция ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии) иммобилизовало недоступные растениям почвенные фосфаты, подавляло развитие патогенных грибов, что в итоге стимулировало повышение продуктивности растений на 12–13%. Инокуляция семян значительно увеличивает количество выделяемых корнями сорго углеводов, что способствует повышению биогенности почвы (количество бактерий рода Pseudomonas возрастает в ризосфере сорго в 3–4 раза).

Выводы

Таким образом, оптимизация технологический приёмов использования почв является непременным условием формирования агроландшафтов высокой продуктивности и устранении тренда медленных негативных изменений наиболее ценного и невозобновляемого элемента биосферы – почвенного покрова.

Литература

1. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота : материалы Всерос. науч. конф., г. Москва, 13-14 мая 2008. М., 2008. 404 с.

2. *Кузыченко Ю. А. Кулинцев В. В., Полянкина А. Ф.* Мульчирование почвы в системе основной обработки под кукурузу на зерно в условиях Восточного Предкавказья // Земледелие. 2016. № 5. С. 36-38.

3. *Белоусов В. С.* Аусорбционные приёмы очистки почвы от остатков пестицидов // Защита и карантин растений. 2001. № 8. С. 18–20.

4. *Белоусов В. С.* Композиционные сорбционные анактиваторы остатков почвенных гербицидов // Агрохимия. 2005. № 7. С. 43–50.

5. *Белоусов В. С.* Цеолитсодержащие породы Краснодарского края в качестве инактиваторов тяжелых металлов в почве // Агрохимия. 2006. № 4. С. 78–83.

6. *Воронин А. Д.* Методологические принципы и методологическое значения конференции иерархии структурных уровней организации почвы. // Вестник. МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 1979. № 1. С. 3–10.

7. *Дмитриев Е. А.* Экологические аспекты почвенных режимов // Почвоведение. 1997. № 7. С. 831–839.

8. *Добровольский Г. В., Никитин Е. Д.* Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическая система почв) М. : Наука, 1990. 260 с.

9. Взаимоотношения бактерий рода Pseudomonos и эндомикоризного гриба Glonusintraradices в резосфере сорго / *Н. М. Лабутова и др.* // Микология и фитопатология. 2006. Т. 40. Вып. 1. С. 65–69.

10. Масштабные эффекты при исследовании почв / МГУ. М., 2001. 151 с.

УДК 630.54.631

ВОДОПОГЛОЩАЮЩИЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Т. Н. Данилова
Агрофизический научно-исследовательский институт,
г. Санкт-Петербург, danilovatn@yandex.ru

В связи с наблюдаемыми изменениями климата все большее значение приобретают различные полимерные материалы, позволяющие разработать экспрессные методы регулирования водно-физических свойств почвы. В статье рассматривается возможность использования полимерных гелей в качестве водоудерживающей добавки для улучшения водно-физических свойств супесчаной дерново-подзолистой почвы. Проведенные исследования показали, что наилучший эффект от воздействия гидрогеля на водоудерживающую способность дерново-подзолистой супесчаной почвы был отмечен при внесении гидрогеля в дозе 300 кг га$^{-1}$. Пролонгированное действие гидрогелей отмечено на второй и третий год после внесения в корнеобитаемый слой дерново-подзолистой супесчаной почвы.

Ключевые слова: гидрогель, почвенная влага, водообеспеченность, дерново-подзолистые почвы, психрометр.

Введение

К числу перспективных мелиоративных средств, расширяющих возможности управления водным режимом почв, относятся влагонабухающие полимерные гидрогели, которые многократно увеличивают свой объём в результате набухания, обладают высокой водосорбирующей способностью, но не растворяются.Принципы действия гидрогелей на водный режим почвы в том, что при внесении в почвенный корнеобитаемый слой частицы геля располагаются в порах и при поступлении влаги набухают, обеспечивая тем самым прирост влажности по сравнению с необработанной почвой. При этом создаются благоприятные условия водообеспеченности для роста и развития растений. При высыхании гидрогель сохраняет способность к набуханию. Эта цикличность поглощения и отдачи влаги на протяжении нескольких лет, присуща гидрогелям полиакриламидного типа, поэтому применение этих гелей является наиболее оправданным вариантом при проведении сельскохозяйственных мероприятий [3, 4]. Внесение гидрогеля обеспечивает создание дополнительного запаса влаги на разных стадиях выращивания сельскохозяйственных культур. Дополнительный запас влаги, получаемый при внесении гидрогеля может составлять от 10 до 30 мм и значительно пролонгировать влажность на весь вегетационный период. Расчетный прирост влажности почв при добавках полимера при набухании 300 мл на 1 г. составляет 3 мм влаги, т.е. 30 т влаги на гектар при дозе внесения полимера порядка 100 кг га$^{-1}$. Максимальная эффективность полимера как мелиоранта обеспечивается уже при дозах 0,0002%. На полях прибрежных и предгорных районов, а также в аридных зонах со значительными колебаниями температуры и влажности полимер является дополнительным источником влаги в корнеобитаемом слое, что дает возможность выращивать растения в неблагоприятных условиях водного дефицита. Размещенный в почвенном слое полимер обеспечивает удержание дополнительного запаса влаги за счет снижения потерь на гравитационный сток и физическое испарение, т.к. эта влага легко доступна растениям поскольку ее основная часть лежит в области биологически доступных потенциалов. При определенных дозах полимера, внесенных в почву, значительно снижается плотность корнеобитаемого слоя, что создает дополнительную пористость и тем самым повышает влагоемкость.

Результаты исследований отечественных ученых [6, 7] показали, что гидрогели являются одним из наиболее мощных синтетических средств управления гидрофизическими свойствами и водным режимом почв. Дозы отечественных полимерных гелей 0,1–0,25%

от массы почвы снижают в 1,2–1,5 раз его плотность, что создает дополнительную пористость и повышает полную влагоемкость до 30–40% против 23–25%. *Исследования физических и химических свойств гидрогелей HG-Al, Hg и HG-Cr полученных на основе отходов производства «Нитрон» (полиакрилонитрила) показали, что* внесение гидрогелей при дозе 0,25% к массе песка позволило снизил его плотность с 1,6 до 1,06–1,15 г $см^{-3}$, увеличив тем самым вдвое пористость и полную влагоемкость. Устойчивое завядание культуры ячменя на песчаной дерново-степной почве при использовании того же гидрогеля в дозе 0,1% происходило на 30–40 суток позднее, чем на контроле. При этом разницы во влажности завядания по сравнению с контролем практически не было, поскольку влага, содержащаяся в геле, в такой же мере участвовала во влагообеспеченности роста растений, как и почвенная капиллярная [1]. Полевые исследования, проведенные в условиях Центрального Предкавказья (Ставропольский край) показали, что гидрогель "Ритин-10", полученный из отходов нефтяной промышленности, в дозах 200–300 кг $га^{-1}$ оказывает положительное влияние на накопление продуктивной влаги в почве, предохраняя ее от испарения. В зависимости от варианта запасы влаги в метровом слое на различных этапах развития озимой пшеницы на 4,2–10,5% превышали величину этого показателя в контроле (без гидрогеля). Улучшение водообеспеченности посевов способствовало повышению эффективности вносимых удобрений и повышению урожайности озимой пшеницы [2].

Исследованиями зарубежных ученых [8, 10] установлено**,** что обработка почвенных субстратов синтетическими гидрофильными гелями на базе объемной сополимеризации (сшивания) макромолекул винилового спирта и акриламида в различной степени способствовала прорастанию семян, стимулировала рост культур и повышала их урожайность до 30–40% благодаря оптимизации гидрофизических условий почвы – двукратному увеличению влагоемкости и снижению фильтрационных потерь влаги при дозах препаратов от 0,1–0,3 до 0,5% от массы почвы.

Таким образом, сильнонабухающие полимерные гидрогели – почвенные кондиционеры нового поколения, которые являются перспективным средством регуляции гидрофизических свойств грубодисперсных почв, позволяющие в несколько раз повысить их влагоемкость в широком диапазоне варьирования влажности при относительно небольших (0,05–0,2%) дозах полимера.

Цель данной работы заключалась в исследовании двух типов гидрогелей на натриевой и калиевой основах в качестве почвенной добавки для улучшения водно-физических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы и оценке эффективности гидрогелей для управления водообеспеченностью сельскохозяйственных культур. Для достижения этой цели необходимо исследовать влияние гидрогеля на водоудерживающую способность дерново-подзолистой супесчаной почвы ивозможности удержания влаги гидрогелями в корнеобитаемой зоне почвы.

Объекты и методы

Для исследования водоудерживающей способности дерново-подзолистой супесчаной почвы (МФ ФГБНУ АФИ, Ленинградская обл.), были взяты два типа гидрогелей: «Ритин – 10» и «В – 415 К» – натриевая и калиевая основы соответственно. В ранее проведенных исследованиях было выявлено, что 0,1 г геля удерживает приблизительно 30 мл (Ритин – 10) и 40 мл (В 415 – К) дистиллированной воды, т.е. объем увеличивается в 300–400 раз, что является нижним пределом для полимеров такого типа. Почвенные образцы нарушенного сложения были просеяны через сито с отверстиями диаметром 1 мм (берутся фракци – 0,25 мм, 0,5 мм, 1,0 мм). Навеска почвы – 5 г. В образцы почвы гидрогель добавляли в дозе: из расчета 100 кг $га^{-1}$ – 0,42 г; 300 кг $га^{-1}$ – 1,26 г. Образцы помещались в пластиковые кюветы (диаметр – 40 мм; высота – 10 мм). Увлажняли из расчета НВ = 24–25% – контроль, 100 кг $га^{-1}$ – 1,25 мл. воды; 300 кг $га^{-1}$ – 1,5 мл. воды. Для равномерного увлажнения образцы почв оставляли на сутки в закрытых кюветах. Измерения основных гидрофизических характеристик почв проводились в трехкратной повторности на психрометре WP4-T

DewpointPotentiaMeter. Работа прибора основывается на измерении потенциала воды с использованием метода точки росы охлаждаемого зеркала. Он измеряет водный потенциал от 0 до - 60 МПа с точностью ± 0,1 МПа; от 0 до -10МПа ± 1% в диапазоне от -10 до -60 МПа. На данном приборе также была определена водоудерживающая способность самих гидрогелей. В навеску гидрогеля 0,2 г постепенно добавляли 3 мл дистиллированной воды. Такое количество воды было взято для того, чтобы только увлажнить гидрогель, а не доводить его до полного насыщения. Так как, при помещении образца с гелем в камеру прибора происходит процесс испарения влаги, капли испарившейся из геля влаги будут оседать на зеркале прибора, что приведет к неправильному измерению.

Полевой эксперимент по исследованию влияния гидрогелей на водообеспечение сельскохозяйственных культур, проведен в Агрофизическом стационаре Меньковского филиала ФГБНУ АФИ в полевом зерно-травяном севообороте в 2012–2015 гг.

Схема чередования культур
1 – вторая ротация зерно-травяного севооборота
2012 год – ячмень с подсевом многолетних трав
2013 год – многолетние травы первого года пользования
2014 год – многолетние травы второго года пользования
2015 год – озимая рожь
2016 год – картофель
2017 год – вико-овсяная смесь

Объектом исследования было взято поле со среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почвой, на котором был посеян ячмень с подсевом многолетних трав и внесением разных доз гидрогелей. Схема опыта предусматривала внесение гидрогеля только в первый год ротации под ячмень, перед посевом на глубину корнеобитаемого слоя под культивацию в дозах 100 кг га$^{-1}$, 200 кг га$^{-1}$ и 300 кг га$^{-1}$. Площадь делянок 15 м^2, повторность опыта трехкратная, размещение вариантов систематическое.

Обсуждение результатов

Интегральным базовым показателем физического состояния почв является основная гидрофизическая характеристика (ОГХ) – зависимость между термодинамическим потенциалом (давлением) влаги и ее содержанием в почве. Анализ ОГХ позволяет выявить критическое значение потенциала почвенной влаги и ее содержания, достижение которых по мере иссушения почвы от полной влагоемкости, приводит к нормальному функционированию корневых систем и отсутствию симптомов угнетения роста [8]. Влага гидрогеля эффективно используется растениями, поскольку ее основная часть лежит в области потенциалов воды 4,2 > pF > 2,0, характеризующих биологически доступную влагу [4, 9, 11]. На рисунках 1, 2 и 3 представлены зависимости капиллярно-сорбционного давления влаги от влажности самого гидрогеля (рис. 1) и влажности дерново-подзолистой супесчаной почвы, с добавлением гидрогеля.

Кривые влагоудерживания, представленные на рис.1, показывают, что с уменьшением капиллярно-сорбционного давления повышается влагоудерживающая способность гидрогеля, т.е. увеличивается диапазон доступной влаги, содержащейся в гидрогеле. Ритин-10 – диапазон доступной влаги – (90–60 = 30%), В – 415 К – (90–66 = 24%).

Кривые влагоудерживания, представленные на рис. 2, показывают, что водоудерживающая способность почвы, обработанной гидрогелем Ритин -10 увеличивается. Считается, что наименьшая влагоемкость (НВ) – влажность, соответствующая - 0,33 атм, влажность устойчивого завядания растений (ВЗ) соответствует -15 атм. На нашем графике это соответствует 1,5 МПа, т.е. на контрольном варианте растения уже испытывают угнетение, доступная влага всего 7%. При внесении гидрогеля Ритин-10 диапазон доступной влаги увеличивается. В варианте с гидрогелем, внесенным в дозе 100 кг га$^{-1}$ влагосодержание

увеличивается до 13–14%, в варианте с гидрогелем, внесенным в дозе 300 кг га$^{-1}$, диапазон доступной влаги увеличивается до 19%. Можно сказать, что в диапазоне изменений влажности почвы в пределах 13–19% влага в почве с гидрогелем является доступной для растений.

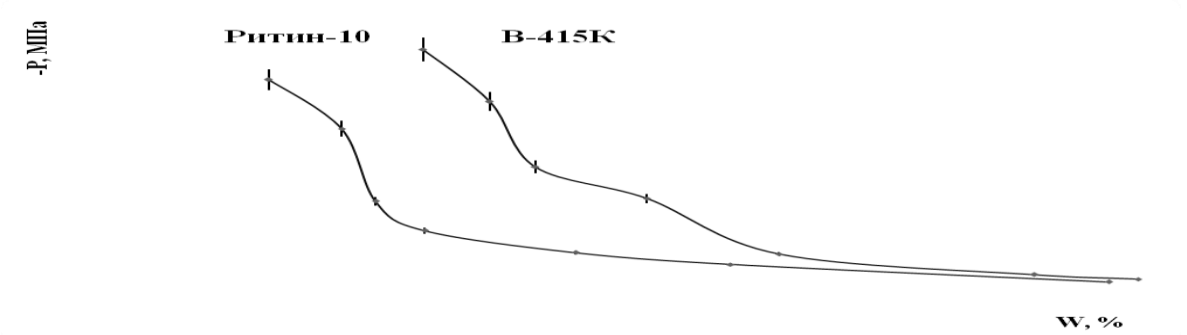


Рис. 1. Зависимость капиллярно-сорбционного давления влаги от влажности гидрогеля

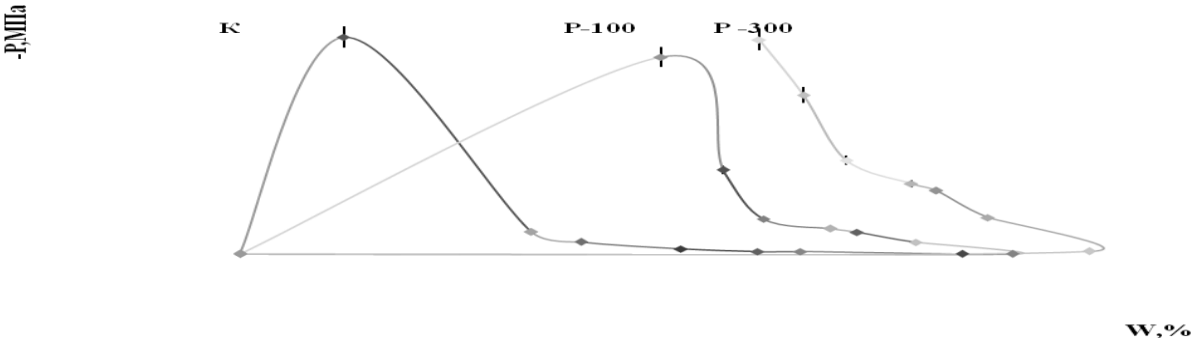


Рис. 2. Зависимость капиллярно-сорбционного давления влаги от влажности почвы (дерново-подзолистая супесчаная почва): К – контроль;
Р100 – образцы почвы с гелем Ритин-10 – 100 кг га-1;
Р300 – образцы почвы с гелем Ритин-10 –300 кг га-1

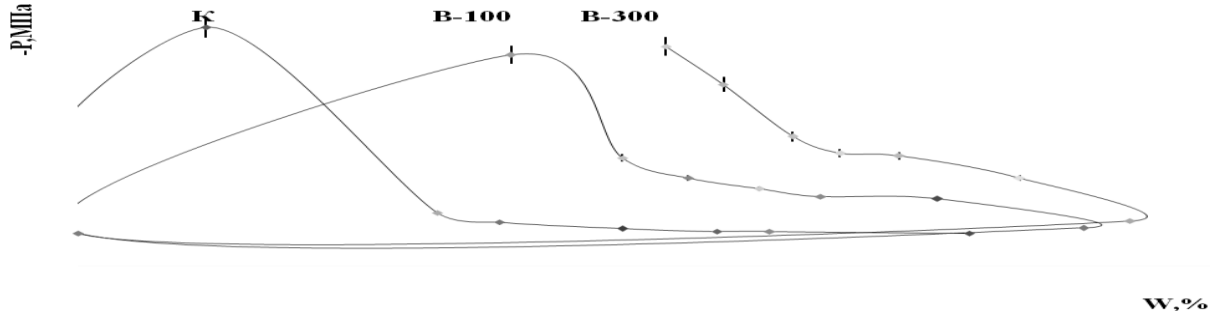


Рис. 3. Зависимость капиллярно-сорбционного давления влаги от влажности почвы (дерново-подзолистая легкосуглинистая почва): К – контроль;
В100 – образцы почвы с гелем В - 415 К – 100 кг га-1;
В300 – образцы почвы с гелем В - 415 К – 300 кг га-1

Кривые влагоудерживания, представленные на рис. 3, показывают, что водоудерживающая способность почвы, обработанной гидрогелем меняется: в варианте с гидрогелем В-415 К, внесенным в дозе 100 кг га$^{-1}$ влагосодержание увеличивается до 13%,

в варианте с гидрогелем, внесенным в дозе 300 кг га$^{-1}$, диапазон доступной влаги увеличивается до 20%. Таким образом, в диапазоне изменений влажности почвы в пределах 13 - 20% влага, содержащаяся в гидрогеле является доступной для растений.

Сравнивая кривые водоудерживания гидрогелей на натриевой (Ритин-10) и калиевой (В-415 К) основах, можно сказать, что по водоудерживающей способности разницы между гидрогелями не видно. При увеличении дозы гидрогеля происходит снижение плотности сложения почвы и увеличивается ее влагоемкость. Оценивая эффективность гидрогелей «Ритин-10» и «В-415 К» в полевом эксперименте, можно сказать, наибольшее потребление влаги у сельскохозяйственных культур приходится на период колошение (стеблевание) – цветение. В табл. 1 приведены данные по влажности почвы в зоне корневой системы растений.

Таблица 1

Влажность почвы в прикорневой зоне

№ п/п	Вариант	глубина (см)	Влажность почвы (весовая), %											
			2012 г			2013 г			2014 г.			2015 г		
			колошение	Δ(-)*	цветение	стеблевание	Δ(-)*	цветение	стеблевание	Δ(-)*	цветение	колошение	Δ(-)*	цветение
1	Контроль (без геля)	0-10	**15,47**	**7,5**	**7,97**	**16,51**	**7,46**	**7,05**	23,8	4,8	19,0	**12,6**	1,7	**10,9**
		10-20	15,05	6,79	8,26	16,53	8,13	8,4	23,5	9,6	13,9	24,6	9,8	14,8
2	$ГГ_{Na-100}$	0-10	14,73	1,06	13,67	**17,53**	**7,93**	**9,6**	25,4	3,9	17,7	6,2	11,5	21,5
		10-20	15,8	1,65	14,15	17,64	8,03	9,61	23,2	2,4	24,8	6,7	18,1	20,8
3	$ГГ_{K-100}$	0-10	15,52	2,19	13,33	**17,84**	**11,62**	**6,22**	22,9	5,0	17,9	**18,3**	3,7	**14,6**
		10-20	15,96	2,72	13,24	16,62	9,0	7,62	23,8	6,2	17,6	24,9	6,1	18,8
4	$ГГ_{Na-200}$	0-10	14,81	2,21	12,6	17,75	3,4	14,35	**25,2**	**7,2**	**18,0**	**15,7**	5,3	**10,4**
		10-20	15,31	3,39	11,92	17,69	4,58	13,11	22,7	3,3	19,4	24,8	8,2	16,6
5	$ГГ_{K-200}$	0-10	14,28	0,10	14,18	**18,75**	**9,38**	**9,37**	**23,7**	**5,4**	**18,3**	**18,1**	4,8	**13,3**
		10-20	15,13	0,11	15,02	17,65	7,96	11,86	23,0	2,5	20,5	24,8	9,6	15,2
6	$ГГ_{Na-300}$	0-10	6,06	10,88	**16,04**	**7,96**	**8,08**	**23,2**	**6,3**	**16,9**	**16,4**	**7,0**	**9,4**	16,94
		10-20	7,85	10,13	15,12	5,72	9,4	21,3	1,9	19,4	24,4	8,0	16,4	17,98
7	$ГГ_{K-300}$	0-10	15,79	3,57	12,22	**17,97**	**9,11**	**8,86**	**23,0**	**6,3**	**16,7**	**20,4**	**7,2**	**13,2**
		10-20	15,80	3,26	12,54	16,4	4,69	11,71	21,0	4,4	16,6	24,8	6,9	17,9

Δ(-) *- потери влаги за период колошение (стеблевание) – цветение.

Анализируя данные табл. 1, можно сказать, что в первый год внесения гидрогелей (2012 г.) под ячмень не наблюдается заметного иссушения верхнего слоя почвы в фазу колошение – цветение. Год был достаточно влажным, в период колошение – цветение выпало 55,8 мм осадков, температура воздуха T_{max}=18,3–25,5 ^{0}С, поэтому в этот период происходило удержание почвенной влаги в вариантах с гидрогелем (влажность почвы верхнего и нижнего слоев практически одинакова). В 2013–2014 гг. под многолетними травами первого и второго годов пользования в период стеблевания влажность почвы верхнего и нижнего слоевпрактически одинакова, наблюдается незначительное увеличение влажности в верхнем (0–10 см) слое в вариантах с гидрогелем. При вступлении растений в фазу цветения наблюдается значительное снижение влажности почвы. Растения более интенсивно транспирируют влагу, происходит иссушение верхнего слоя почвы. Снижение влажности особенно заметно в вариантах с гидрогелем на калиевой основе на многолетних травах первого года пользования, т.к. влага, содержащаяся в гидрогеле (В – 415 К) более доступна для растений (в период цветения стояла сухая, жаркая погода, температура воздуха T_{max}= 28,1–31,4 ^{0}С, осадков – 0 мм). В 2014 г. резкого снижения влажности почвы не наблюдалось, т. к. метеоусловия были более благоприятными для роста и развития растений (температура воздуха T_{max}= 23,7–25,8 ^{0}С, осадков – 18,9 мм). В вариантах с гидрогелем как на натриевой, так и на калиевой основах с большими дозами внесения (200 кг га$^{-1}$; 300 кг га$^{-1}$) в период цветения наблюдалось удерживание влаги в верхнем слое (0–10 см) почвы. В 2015 г. наблюдения проводили на растениях озимой ржи. В период

колошение – цветение, когда происходит закладка колоса, наблюдается значительное снижение влажности почвы, особенно в верхнем (0–10 см) слое почвы. Снижение влажности почвы происходит на всех вариантах опыта, но особенно заметно в вариантах с гидрогелем с большими дозами внесения. Это объясняется тем, что влага, содержащаяся в гидрогеле более доступна для растений [5].

Сравнивая содержание влаги в прикорневой зоне по вариантам опыта (табл. 2), можно сказать, что гидрогель на натриевой основе отдавал влагу более интенсивно, чем гидрогель на калиевой основе.

Таблица 2

Соотношение содержания влаги в прикорневой зоне по вариантам опыта.
К= (0...10 см) / (10...20 см)

Вариант	*К*			
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Контроль	0,9	0,9	0,5	0,17
$Г_{Na\ -\ 100}$	0,64	0,98	1,62	0,92
$ГГ_{К\ -\ 100}$	0,8	1,29	0,8	0,6
$Г_{Na\ -\ 200}$	0,65	0,74	2,18	0,65
$ГГ_{К\ -\ 200}$	0,9	1,17	2,16	0,5
$Г_{Na\ -\ 300}$	0,77	1,39	3,31	0,87
$ГГ_{К\ -\ 300}$	1,09	1,94	1,43	1,04

Содержание влаги в прикорневой зоне на вариантах опыта и в зависимости от года исследования существенно отличается (табл. 3). В 2013 г. иссушение верхнего слоя почвы больше в вариантах с гидрогелем на калиевой основе: $ГГ_{К\ –\ 100}$; $ГГ_{К\ –\ 200}$; $ГГ_{К\ –\ 300}$ и с гидрогелем на натриевой основе с дозой внесения 300 кг га$^{-1}$ – $ГГ_{Na\ –\ 300}$. В 2014 г. наблюдалось удерживание влаги в верхнем слое почвы в вариантах с гидрогелем на натриевой основе: $ГГ_{Na\ –\ 100}$; $ГГ_{Na\ –\ 200}$; $ГГ_{Na\ –\ 300}$; и в вариантах с гидрогелем на калиевой основе с большими дозами внесения: $ГГ_{К\ –\ 200}$; $ГГ_{К\ —\ 300}$.

Таблица 3

Соотношение содержания влаги в прикорневой зоне*К*= (0...10 см) / (10...20 см)
по типам гидрогеля

Вариант	К				Вариант	К			
	2012 г	2013 г.	2014 г.	2015 г.		2012 г	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Контроль	0,9	1,16	0,5	0,17	Контроль	0,9	1,16	0,5	0,17
$ГГ_{Na}$ -100	0,64	0,98	1,62	0,92	$ГГ_{К}$ - 100	0,8	1,29	0,8	0,6
$ГГ_{Na}$ -200	0,65	0,74	2,18	0,65	$ГГ_{К}$ - 200	0,9	1,17	2,16	0,5
$ГГ_{Na}$ -300	0,77	1,39	3,31	0,87	$ГГ_{К}$ -300	1,09	1,94	1,43	1,04

Сравнивая содержание влаги в верхнем слое почвы в вариантах опыта с гидрогелем на натриевой основе по годам исследования (табл. 4), можно сказать, что в 2014 г. удерживал влагу гидрогель с большими дозами внесения (200 кг га$^{-1}$, 300 кг га$^{-1}$).

Таблица 4

Соотношение содержания влаги в прикорневой зоне *К*= (0...10 см) / (10...20 см)
с гидрогелем на натриевой основе в зависимости от года исследования

2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Контроль -0,9	Контроль -1,16	Контроль — 0,5	Контроль -0,17
$ГГ_{Na\ –\ 100}$ - 0,64	$ГГ_{Na\ –\ 100}$ - 0,98	$ГГ_{Na\ –\ 100}$ - 0,8	$ГГ_{Na\ –\ 100}$ - 0,92
$ГГ_{Na\ –\ 200}$ – 0,65	$ГГ_{Na\ –\ 200}$ – 0,74	$ГГ_{Na\ –\ 200}$ - 2,16	$ГГ_{Na\ –\ 200}$ – 0,65
$ГГ_{Na\ –\ 300}$ – 0,77	$ГГ_{Na\ –\ 300}$ – 1,39	$ГГ_{Na\ –\ 300}$ – 3,31	$ГГ_{Na\ –\ 300}$ – 0,87

В вариантах опыта с гидрогелем на калиевой основе (табл. 5) иссушение верхнего слоя почвы происходило интенсивнее в 2013 г. с дозой внесения 300 кг га$^{-1}$, а 2014 г. происходил процесс удерживания влаги. В данном случае сказывалось влияние погодных условий (2013 г. был более жарким и засушливым, а 2014 г. – более влажным).

Таблица 5

Соотношение содержания влаги в прикорневой зоне с гидрогелем на калиевой основе в зависимости от года исследования *К*= (0...10 см) / (10...20 см)

2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Контроль -0,9	Контроль -1,16	Контроль — 0,5	Контроль -0,17
$ГГ_{К-100}$ - 0,8	$ГГ_{К-100}$ - 1,29	$ГГ_{К-100}$ - 1,62	$ГГ_{К-100}$ - 0,6
$ГГ_{К-200}$ – 0,9	$ГГ_{К-200}$ – 1,17	$ГГ_{К-200}$ - 2,18	$ГГ_{К-200}$ –0,5
$ГГ_{К-300}$ –1,09	$ГГ_{К-300}$ – 1,94	$ГГ_{К-300}$ – 1,43	$ГГ_{К-300}$ – 1,04

В результате анализа данных таблиц (2, 3, 4, 5) установлено, что последействие гдрогелей с разными дозами наблюдается во второй и третий годы после внесения. Прослеживается дифференцированная зависимость от дозы и типа гидрогеля.

Выводы

Результаты проведенных исследований показали, что наилучший эффект от воздействия гидрогелей на водоудерживающую способность дерново-подзолистой супесчаной почвы был отмечен при внесении гидрогеля в дозе 300 кг га$^{-1}$. В диапазоне изменений влажности почвы в пределах от 13 до 20%, влага в почве с гидрогелем является доступной для растений. Пролонгированное действие гидрогелей отмечено на второй и третий год после внесения в корнеобитаемый слой дерново-подзолистой супесчаной почвы.

Литература

1. *Асамаедимов А.* Новые влагоудерживающие почвенные добавки // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : IV Междунар. науч. эколог. конф. / Нукус. гос. пед. ин-т им. Ажинияза. Нукус, 2015.
2. *Годунова Е. И., Гундырин В. Н., Шкабарда С. Н.* Перспективы использования гидрогеля в земледелии Центрального Предкавказья // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 1. С. 24 - 27.
3. *Данилова Т. Н., Старцев А. С.* Водопоглощающие полимеры для управления водным режимом полей // Материалы научной сессии по итогам 2012 года Агрофизического института. Санкт-Петербург, 2-3 апреля 2013 г. СПб, 2013. С.100–105.
4. *Данилова Т. Н.* Регулирование водного режима дерново-подзолистых почв и влагообеспеченности растений при помощи водопоглощающих полимеров // Агрофизика. 2016. № 1. С. 8-16.
5. *Данилова Т. Н., Оленченко Е. А.* Оценка пролонгированного действия гидрогелей на рост, развитие и продуктивность многолетних трав // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 2. С. 22-25.
6. Сильнонабухающие полимерные гидрогели – новые влагоудерживающие почвенные добавки / *К. С. Казанский и др.* // Вестник сельскохозяйственной науки. 1988. № 4. С. 125-132.
7. *Катичева И. А., Агафонов О. А.* Сильнонабухающие полимерные гидрогели для растениеводства // Вестник сельскохозяйственной науки. 1990. № 12. С. 164-166.
8. *Смагин А. В.* Колоночно-центрифужный метод определения основной гидрофизической характеристики почв и дисперсных грунтов // Почвоведение. 2012. № 4.

9. *Debicki R.* Wplyw poliakryloamidu na wschody wybranych gatunkow roslin warzywnych.Podloza ogrodnicze ich wlasciwosci i nowoczesne koncepcje wykorzystania. Lublin, 1996.

10. *Johnson M. S.* The effects of gelforming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils // J. Sc. Food Agr. 1984. T. 35, N 11.

11. *Johnson M. S., Leah R. T.* Effects of superabsorbent polyacrylamides on efficiency of water use by crop seedlings // J. Sc. Food Agr. 1990. T. 52, N 3.

УДК631.559; 633.282

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ МИСКАНТУСА СОРТА СОРАНОВСКИЙ*

С. Ю. Капустянчик, О. М. Поцелуев
СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирская обл., р. п. Краснообск,
Т. Г. Ломова, Д. Ю. Бакшаев
СФНЦА, Новосибирская обл., р. п. Краснообск,
kapustjanchiksv@mail.ru

Мискантус сорта Сорановский в 2012 г. внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Данная культура с помощью методов фенотипирования и анализа ДНК отнесена к виду *Miscanthus sacchariflorus.* Исследования направлены на оценку продуктивности мискантуса при разных уровнях удобренности в условиях Западной Сибири и оценку качества зеленой массы. При увеличении уровня удобренности наблюдается тенденция к несущественному слабому повышению продуктивности. Выявлена оптимальная доза удобрений – 30–60 кг д. в. на га. Полученные данные по ценности растительного сырья мискантуса говорят об эффективном использовании данного сорта как кормовой культуры.

Ключевые слова: мискантус, продуктивность, уровень удобренности, химический состав, кормовая ценность, питательность.

Введение

Мискантус – род многолетних травянистых растений семейства мятликовых. К этому роду относят более 20 видов, распространенных от тропической и Южной Африки до Восточной и Юго-Восточной Азии. В России на Дальнем Востоке встречается 3 вида: мискантус сахароцветный (*Miscanthus sacchariflorus*), мискантус краснеющий (*Miscanthus purpurascens*) и мискантус китайский (*Miscanthus sinensis*) [9]. В настоящее время увеличивается культивирование мискантуса формы M. × giganteus и разрабатываются новые технологии на основе его биомассы.

Сегодня мискантус рассматривают как одну из наиболее перспективных культур для производства лигниноцеллюлозной биомассы [14]. За рубежом активно ведутся исследования по переработке различных видов мискантуса, в основном Мискантуса китайского *(Miscanthus sinensis*) и Мискантуса гигантского (*Miscanthus giganteus*). Так, в Новой Зеландии выращивание данной культуры связано с вопросами использования ее как биоэнергетического потенциала, в Китае – с рациональным использованием естественных угодий на засоленных почвах, в Дублине – с изучением секвестирования почвенного углерода под посадками данной культуры. Широкое применение мискантуса отражается в производстве энергии, синтетического дизельного топлива второго поколения, целлюлозы и композитных материалов (заменителей дерева и пластмасс), получении газа. Нитраты целлюлозы (НЦ) мискантуса имеют огромное практическое значение – они являются

* *Работа выполнена в рамках Государственного задания ИЦиГ СО РАН (проект № 0324-2016-0001)*

полимерной основой пироксилиновых и баллиститных порохов для артиллерийских, танковых, морских систем и ближнего боя. Кроме этого биомасса мискантуса широко применяется для изготовления химических волокон, лаков, красок, эмалей, пластмассы, клея, целлулоида и других многочисленных продуктов [3]. Также есть рекомендации использования мискантуса в качестве кормовых растений [5]. В соцветиях мискантуса китайского обнаружены флавоноидные гликозиды, а в траве и корневищах – флавоноид трисин, фриделин, лупеол, ацетат лупеола, фриенол и изоарборинол, что говорит о его лекарственных свойствах [15].

Мискантус обладает колоссальной потенциальной продуктивностью, что обусловленохарактерным для всех представителей данного рода С4-типом фотосинтеза [15]. В отличие от большинства остальных культурных С4-растений, мискантус обладает способностью поддерживать высокую интенсивность фотосинтеза даже в условиях сравнительно пониженных температур [13]. Мискантус способен произрастать на одном месте до 20 лет, что существенно снижает потребность в оборотных средствах, он слабо поражается вредителями и болезнями и может возделываться без химических средств защиты. Кроме того, мискантус успешно выполняет экологические и средоулучшающие функции: защищает ландшафты от эрозии, способствует накоплению органического вещества в почве, значительно уменьшая эмиссию CO2 [1].

В условиях Сибири Институтом цитологии и генетики СО РАН был выведен и внесен в Государственный реестр селекционных достижений (в 2012 г.), первый в России сортмискантуса – Сорановский. Его главные качества: высокая урожайность при минимальных затратах на возделывание (возможность получать до 15 т сухой массы в течение 15–20 лет после однократных затрат на его посадку); способность расти на почвах, непригодных для традиционного земледелия; хорошее соотношение содержания холоцеллюлозы и лигнина. Данный сорт внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, в 2012 г. Для точной видовой идентификации нового сорта был проведен анализ последовательности ДНК фрагмента пластидного межгенного спейсера**.** Методами фенотипирования и анализа ДНК новая техническая культура отнесена к виду *Miscanthus sacchariflorus* [8; 11].

С присоединением Сибирского НИИ растениеводства и селекции, в качестве филиала, начата активная работа по разработке сортовой технологии возделывания мискантуса «Сорановский» и оценке его экологического потенциала, в частности получение новых данных по продуктивности биомассы мискантуса, энергетической питательности и качества зеленой массы культуры в условиях Западной Сибири.

Объекты и методы

Почвенно-климатические условия. Исследования проводились в 2016 г. на научно-экспериментальной базе СибНИИРС-филиала ИЦИГ СО РАН, расположенной в лесостепи Приобья, относящейся к Западносибирскому региону лесостепной зоны страны. Разрез, заложенный в пашне исследуемого участка, характеризует строение профиля серых лесных почв. Особенностью гранулометрического состава является более высокое содержание физической глины и илистой фракции в гумусо-аккумулятивном горизонте, увеличение содержания фракции крупной пыли в иллювиальном горизонте. К низу профиля наблюдается увеличение содержания фракции мелкого песка. По содержанию физической глины в верхнем горизонте данная почва относится к среднесуглинистым. Мощность гумусового горизонта серой лесной почвы на исследуемом участке составляет 30–35 см, содержание гумуса 3,14%. Гидролитическая кислотность составляет 0,5–1,5 экв. на 100 г почвы. Содержание обменных кальция и магния составляет в среднем 70% от емкости катионного обмена.

По данным метеостанции "Огурцово" 2016 год характеризуется как умеренно дефицитный с суммой осадков за вегетационный период культуры (май – сентябрь) 166 мм и суммой температур >5 ^{0}C 1542 ^{0}C.

Схемы и условия проведения опытов. В 2015 году была проведена закладка полевого опыта на участке СибНИИРС с разной нормой посадки корневищ – 1,4 т/га, 2,8 т/га, 4,2 т/га и 5,6 т/га. Размер каждого участка составляет 10*67,2 м^2. В 2016 году на опытном участке были введены варианты с удобрениями. Схема опыта включает пять уровней удобренности: вариант 1 – без удобрений, N_0 (контроль), вариант 2 – N_{30}, вариант 3 – N_{60}, вариант 4 – N_{90}, вариант 5 – N_{120}. Внесение удобрений (аммиачная селитра) осуществлялась весной вразброс перед культивацией в слой 0-5 см. Повторность опыта 4-х кратная.

Для исследования качественных кормовых показателей культуры в течение вегетации были отобраны растительные образцы на производственных участках. Совместно с СибНИИ кормов проведены исследования по кормовой ценности культуры.

Оценка результатов опытов была проведена согласно методическим рекомендациям Б. А. Доспехова [2], а также методике ВНИИ кормов [6]. В закладке опытов с удобрениями были учтены требования методических рекомендаций по проведению агрохимических исследований [12].

Обсуждение результатов

Продуктивность мискантуса второго года вегетации. В начале вегетации культуры второго года жизни для характеристики состояния посадок мискантуса проводили подсчет густоты стеблестоя. Проведенная статистическая обработка данных показала отсутствие различий по показателю нормы посадки корневищ и варианту удобренности (рис. 1).

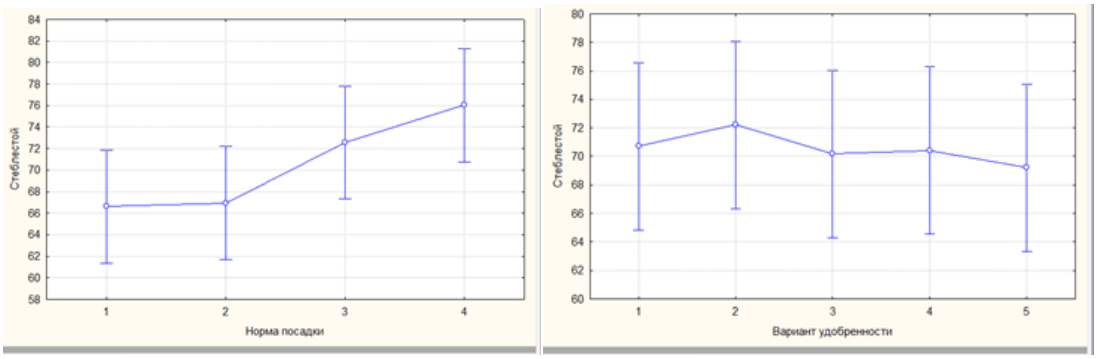


Рис. 1. Влияние норм посадок корневищ (1 – 1,4 т/га, 2 – 2,8 т/га, 3 – 4,2 т/га, 4 – 5,6 т/га) и уровня удобренности (1 – без удобрений N_0 (контроль), 2 – N_{30}, 3 – N_{60}, 4 – N_{90}, 5 – N_{120}) на густоту стеблестоя (шт./м^2). Фаза – весеннее отрастание

Проведенный учет количества стеблестоя к концу вегетации показал увеличение продуктивных стеблей (рис. 2), но существенных различий также не отмечено.

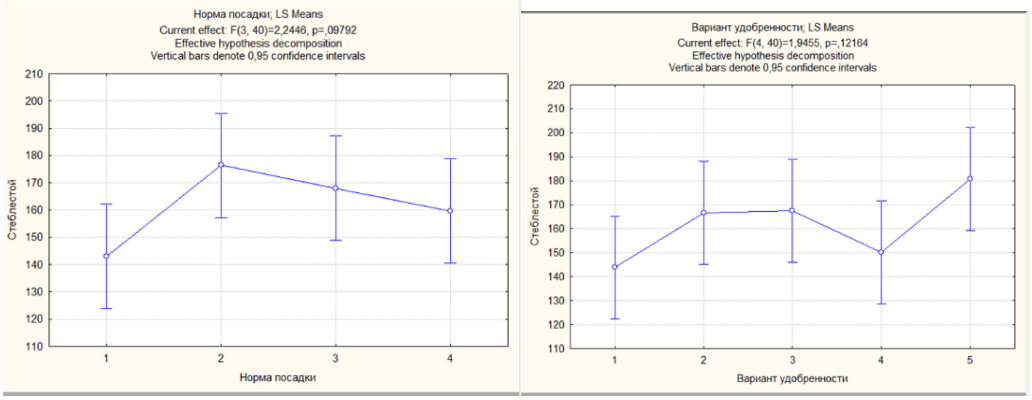


Рис. 2. Влияние норм посадок корневищ (1 – 1,4 т/га, 2 – 2,8 т/га, 3 – 4,2 т/га, 4 – 5,6 т/га) и уровня удобренности (1 – без удобрений N_0 (контроль), 2 – N_{30}, 3 – N_{60}, 4 – N_{90}, 5 –N_{120}) на густоту стеблестоя (шт./м^2). Фаза – цветение

Продуктивность биомассы мискантуса колебалась в пределах от 12,9 т/га на участке с нормой посадки 1,4 т/га до 14,3 т/га на участке с нормой посадки 2,8 т/га (рис. 3). Причем на участках с повышенной нормой посадки корневищ продуктивность составила 13 т/га.

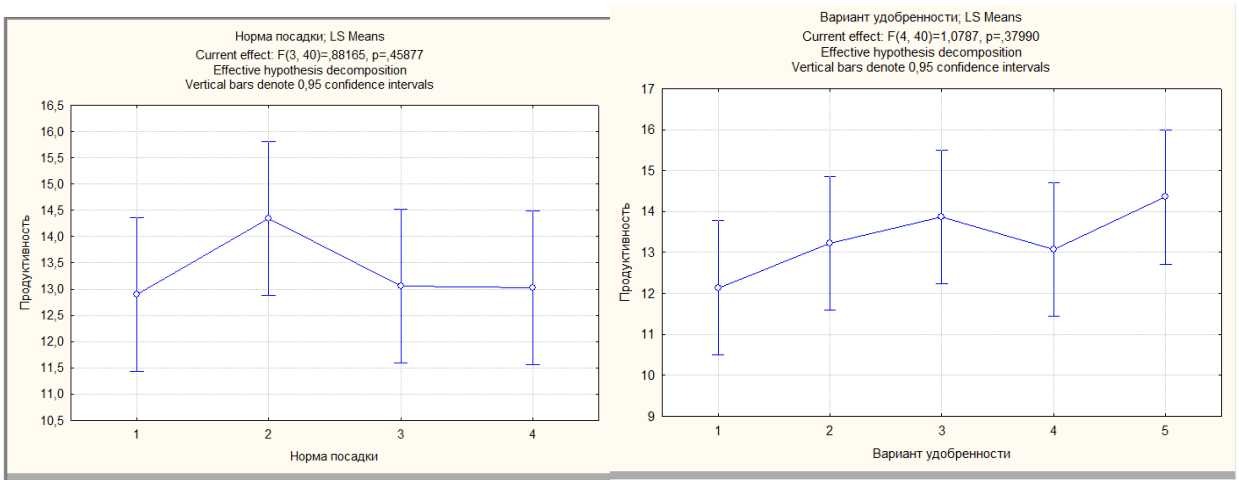


Рис. 3. Влияние норм посадок корневищ (1 – 1,4 т/га, 2 - 2,8 т/га, 3 – 4,2 т/га, 4 – 5,6 т/га) и уровня удобренности (1 – без удобрений N_0 (контроль), 2 – N_{30}, 3 – N_{60}, 4 – N_{90}, 5 – N_{120}) на продуктивность культуры (т/га)

Если рассматривать уровень удобренности, то можно увидеть тенденцию к несущественному повышению продуктивности, но эта тенденция слабая. Предположительно более сильно она проявится в последующие годы развития культуры. Проведенная статистическая обработка показала отсутствие значимых влияний нормы посадки корневищ и варианты удобренности на продуктивность культуры.

Важное значение для формирования конечного урожая играет переход растений к цветению. Поскольку хозяйственно-значимой частью растения у мискантуса является стебель, то конечная урожайность зависит как от высоты стебля, так и от его диаметра. При зацветании растения мискантуса быстро формируют высокий цветонос, диаметр которого уменьшается, снижая тем самым качество конечного сырья. На опытных делянках отмечено снижение количества метелок с повышением уровня удобренности. Так, на контрольном участке (без удобрений) насчитывалось 80 метелок на 1 м^2, а на участке с вариантом N120 – уже 52.

Кормовая ценность мискантуса. Главным хозяйственно-ценным признаком кормовой культуры является высокое достоинство зеленой массы. Каждый вид корма соответствует определенной фазе развития растения. В наших исследованиях для выявления оптимальных фаз уборки мискантуса на кормовые нужды отбор растительных образцов проходил на протяжении всей вегетации (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав и питательность зелёной массы мискантуса по фазам вегетации

Фаза вегетации	Влажность, %	Химический состав, %				Питательность 1 кг корма	
		протеин	жир	клетчатка	зола	к.ед	ОЭ, МДж/кг
Весеннее отрастание 03.06.2016	77,4	19,8	2,0	27,1	11,4	0,86	10,17
Нарастание (6-7 листьев)	63,9	12,1	2,2	28,9	6,5	0,78	9,27

24.06.2016							
Трубкование 14.07.2016	67,5	9,8	1,4	40,7	6,4	0,73	9,55
сенаж	59,1	7,6	2,2	41,3	5,5	0,50	4,9
силос	66,5	6,7	2,3	38,9	4,8	0,33	3,3
Флаговый лист 16.08.2016	46,3	6,9	1.0	41,5	5,5	0,61	8,51
Начало цветения 23.08.2016	58,8	5,0	1,0	44,1	5,1	0,63	8,88

Корма, их сухое вещество, являются носителями питательных веществ, потенциальной энергии, в рационе животных. В практике кормления необходимо учитывать потребность животных в сухом веществе, обменной энергии, протеине, фосфоре и кальции, а также в сырой клетчатке, так как ее содержание во многом определяет коэффициент перевариваемости.

При организации кормления высокопродуктивных сельскохозяйственных животных используют обычно 20–30 показателей химического состава кормов. Иногда ограничиваются определением содержания в кормах шести групп веществ: воды, сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира, сырой золы и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ). Основные питательные вещества корма – это вода, углеводы, жиры и протеины. Содержание различных питательных веществ очень сильно отличается от растения к растению.

Влажность образцов обычно колеблется от 10 до 85%. При составлении рационов чаще учитывают не влажность, а содержание сухого вещества в корме. Это обусловлено тем, что вода является нейтральным веществом, а сухое вещество представлено питательными веществами, и важно не количество съеденного животным корма, а количество поглощенного им сухого вещества. Анализ химического состава зеленой массы мискантуса показал закономерное снижение содержания влаги, протеина и жира с прохождением стадий фенологического развития растений. Влажность растительных образцов изменялась с 77,4 до 46,3% (табл. 1).

Наибольшее значение имеет фракция сухого вещества, называемая протеином. Протеины – это основной источник азотистых веществ для синтеза белка тканей организма и образования продукции животных [4]. В растительных кормах содержание сырого протеина в основном зависит от вида растений и срока их уборки, а также от доз вносимых азотных удобрений. Для определения сырого протеина в образцах пересчитывают общий азот с помощью коэффициента. Как и у всех кормовых растений, содержание сырого протеина в зеленой массе мискантуса зависит от фенофазы развития. Это подтверждается снижением его количества с 19,8 до 5%, что в обязательном порядке должно учитываться при рассмотрении данной культуры в качестве источника корма для сельскохозяйственных животных, так как известно, что протеин является основным источником азотистых веществ для синтеза белка тканей организма и образования продукции животных. Наибольшее содержание растительного белка наблюдалось при весеннем отрастании. Несмотря на падение содержания протеина в образцах до 5% к фазе цветения, его запас ненамного меньше содержания сырого протеина в зеленой массе, например, вики, которая составляет в период цветения 7–8%.

Сырой жир является источником энергии, образования жирных кислот, носителем жирорастворимых витаминов. Он улучшает вкусовые качества и энергетическую ценность рационов [10]. Содержание его в сухом веществе большинства кормов не превышает 4%. В наших образцах, в течение вегетации 2016 г. отмечалось снижение данного показателя с 2 до 1%. Анализ химического состава сенажа и силоса свидетельствовал о хороших показателях содержания жира – 2,2 и 2,3%, соответственно.

Сырая клетчатка состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Она играет в рационах животных роль источника энергии, а также обеспечивает нормальные процессы пищеварения. В сухом веществе рационов для крупного рогатого скота оптимальное

содержание сырой клетчатки составляет 22…27%, в рационах свиней – 5…7, птицы – 4…6%. Если содержание клетчатки ниже оптимального уровня, у жвачных животных нарушаются функции пищеварения и жвачная деятельность [16]. При исследовании образцов мискантуса наблюдается повышение содержания целлюлозы в течение вегетации, причем выше оптимального значения, рекомендованного для рациона животных. Это сильно снижает кормовые качества данной культуры.

Количество золы является показателем богатства корма элементами минерального питания. Среди кормовых растений повышенным содержанием золы отличаются подсолнечник, бобовые, многие двудольные дикорастущие растения. Рассматривая полученные данные по сырой золе видно, что наблюдается тенденция снижения содержания сырой золы в образцах – от 11,4 до 5,1%.

В настоящее время питательность корма оценивают по накоплению в ней обменной энергии (ОЭ). Как отмечает Н. Е. Сидоров [7], концентрация ОЭ в сухом веществе корма для высокоудойных коров должна быть высокой, в пределах 10–12 МДж/кг. В наших исследованиях ОЭ изменяется от 10,17 МДж/кг в период весеннего отрастания до 8,88 МДж/кг к началу цветения, что говорит о возможности получения корма с хорошим содержанием ОЭ.

Таким образом, полученные предварительные данные по ценности растительного сырья мискантуса сорта Сорановский как кормовой культуры говорят о возможности получения корма с повышенным содержанием питательных веществ необходимых сельскохозяйственным животным. Исследования в этом направлении могут быть продолжены при ведении селекционных работ с данной культурой.

Выводы

Исследования, проведенные в 2016 году на посадках мискантуса второго года вегетации, показали несущественное повышение продуктивности с повышением уровня удобренности. Эта тенденция слабая и, предположительно, более сильно проявится в последующие годы развития культуры. Оптимальная продуктивность с минимальными затратами наблюдается на участках с уровнем удобренности 30–60 кг д. в. на га.

Оценка растительного сырья мискантуса сорта Сорановский как кормовой культуры показала возможность получения корма с повышенным содержанием питательных веществ необходимых сельскохозяйственным животным. Исследования в этом направлении могут быть продолжены при ведении селекционных работ с данной культурой.

Литература

1. *Анисимов А. А., Хохлов Н. Ф., Тараканов И. Г.* Эколого-физиологические аспекты продукционного процесса растений мискантуса китайского (miscanthus sinensis anderss.) – традиционного лекарственного растения китайской медицины // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине : сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию ВИЛАР Москва, 23-25 июня 2016 г. М., 2016, С. 350-353.

2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований) Изд. 4-е, перераб. и доп. М. : Колос, 1979. 416 с.

3. *Жегров, Е. Ф., Милехин Ю. М., Берковская Е. В.* Химия и технология баллиститных порохов, твердых ракетных и специальных топлив. Т. 2. Технология : монография. М.: РИЦ МГУП им. И. Федорова, 2011. 551 с.

4. *Журавлев Е. М.* Руководство по зоотехническому анализу кормов. М.: Сельхозиздат, 1963. 295 с.

5. *Маевский В. В., Амерханов Х. Х.* Конспект видов семейства мятликовые (злаковые) флоры бывшего СССР, рекомендуемые как кормовые для сельскохозяйственного

производства // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2007. Вып. 6. С. 80-83

6. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса; под ред. Ю. К. Новоселова, Г. Д. Харькова, Н. С. Шеховцовой. М., 1983. 198 с.

7. *Сидоров Н. Е. Эффективность* использования кормов в Якутии: биохимические аспекты кормления коров. Якутск : Якут. Книж. изд-во, 1985. 72 с.

8. Биотехнологический потенциал новой технической культуры – мискантус сорт Сорановский / *Н. М. Слынько и др.* // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 4/1. С. 765-771.

9. Флора СССР. Т. 2. / под ред. В. Л. Комарова. Л. 1934. С. 7.

10. *Чиков А., Осепчук Д., Гусейнов С.* Энергетическая ценность жиров // Животноводство России. 2010. № 2. С. 53-54.

11. Новая форма Мискантуса китайского (веерника китайского, Miscanthus sinensis Anders.) как перспективный источник целлюлозосодержащего сырья / *В. К. Шумный и др.* // Вестник ВОГиС. 2010. Т. 14. № 1. С. 122-26.

12. *Юдин Ф. А.* Методика агрохимических исследований. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Колос, 1980. 366 с. (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

13. *Beale C. V., Morison J. I. L., Long S. P.* Water use efficiency of C4 perrenial grasses in a temperate climate // Agricultural and Forest Meteorology. 1999. I. 96. 103-115.

14. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe / I. Lewandowski etc // Biomass and Bioenergy. 2003. V. 25. P. 335-361.

15. Cold tolerance of C4 photosynthesis in Miscanthus × giganteus: adaptation in amounts and sequence of C4 photosynthetic enzymes / S. L. Naidu etc. // Plant Physiol. 2003. I. 132. P. 1688–1697.

16. Химический состав кормов / Зооинженер. фак. МСХА. URL: http://www.activestudy.info/ximicheskij-sostav-kormov/. (Дата обращения 09.11.2017).

УДК 631.415.12 : 631.823

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОКРЕМНИСТЫХ ПОРОД НА ПОКАЗАТЕЛИ БУФЕРНОЙ ЕМКОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

А. В. Козлов

Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина, г. Нижний Новгород, a_v_kozlov@mail.ru

В статье проведен краткий обзор понятий о кислотно-основной буферности почв, ее характеристиках и назначении в оценке состояния почвенного покрова. Рассмотрены тенденции изменения показателя буферной емкости дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при ее взаимодействии с природными высококремнистыми породами. Установленные изменения в дальнейшем могут свидетельствовать о проявлении способности кремнийсодержащих материалов к оптимизации кислотно-основного режима дерново-подзолистой почвы.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, буферная емкость, природные кремнийсодержащие породы.

Введение

В оценке состояния почв существует ряд интегральных характеристик, позволяющих в комплексе оценить почву не только как средство питания сельскохозяйственных растений, но и как самостоятельный объект биогеоценоза, взаимодействующий с окружающей средой. В частности, к таким показателям относится содержание гумуса в почве, степень ее кислотности и щелочности, статус состояния агроэкологически значимых показателей,

емкость обмена, буферная способность и другие. К последней относят свойство почвы оказывать сопротивление изменению собственного состояния под влиянием какого-либо фактора окружающей среды [2, 9].

Кислотно-основное состояние (кислотно-основная буферность) обеспечивает многочисленные особенности поведения химических элементов в почве, с ним связаны режимы органического вещества и элементов минерального питания, подвижность различных соединений, в том числе и токсичных для растений. Так, в кислых малобуферных почвах усиливается растворимость Mn, Fe, B, Cu, Zn, избыток которых негативно влияет на рост, развитие и продуктивность растений. Низкобуферные и высококислотные почвы снижают доступность для растений такого важного микроэлемента, как Mo [1, 3].

Основу буферности почвы составляет буферность элементарных соединений химических элементов, материальным носителем которых является почвенная масса минимального объема, в которой содержатся все необходимые компоненты элементарной системы. Параметры буферности, определенные в лабораторных условиях, дают представление лишь о некоторой статистической характеристике почвенной пробы. В естественных условиях кислотно-основная буферность зависит не только от твердой фазы почвы, но и от количественного и качественного состава педобиоты, от интенсивности восходящих и нисходящих потоков влаги, содержания в почвенном воздухе CO_2. Следовательно, кислотно-основная буферность в более широком понимании этого понятия приобретает признаки динамического показателя и характеризует способность почвы не только противостоять изменению pH при добавлении кислоты или щелочи, но и способность возобновлять предыдущую величину pH во времени [3].

В почве имеется множество процессов, которые сопровождаются выделением или поглощением ионов H^+ и которые прямо или косвенно влияют на формирование ее кислотно-основной буферности. Эффективное воздействие высокобуферных почв на производительность фитоценозов предопределено в первую очередь способностью почвенных систем уменьшать высокую амплитуду активности протонов в реакциях, которые происходят в почвенном растворе по общей схеме: кислота ↔ щелочь + H^+ [3, 6].

Наиболее информативными показателями в оценке состояния кислотно-основной буферности почв являются: площадь буферности в кислотном и щелочном интервалах ($S_{КИС.}$ и $S_{ЩЕЛ.}$, $см^2$) – это площадь между кривой титрования почвы и кварцевого песка 0,1 Н раствором HCl и 0,1 Н раствором NaOH; интенсивность буферности (ИБ, мл) – это количество мл кислот или щелочи, которое необходимо для смещения pH суспензии на единицу от начальной точки титрования; емкость буферности (ЕБ, ммоль/100 г почвы) – это общее количество кислоты или щелочи, при доведении pH почвенной суспензии от начальной точки до pH 4,50 и pH 8,50 соответственно [5].

Таким образом, буферная способность является важным критерием оценки почвенного плодородия, так как зачастую определяет состояние прочих физико-химических и агрохимических показателей почвы, одним из которых является ее кислотность, а также содержание обменных оснований в ППК [4, 7]. По результатам IX цикла агрохимического обследования почв Нижегородской области [10] за прошедшие 10 лет (2000-2010 гг.) доля пахотных почв, характеризующихся как слабокислые, снизилась с 43% до 41%, а среднекислых – возросла с 16% до 22%. Несмотря на то, что в целом по области кислотность почв пахотных угодий остается на уровне слабокислой, тенденция перераспределения пашни по степени кислотностипродолжается и по сей день.

В настоящее время недостаточно исследований, которые характеризовали бы влияние высоких доз диатомовой, цеолитовой и бентонитовой пород на коллоидное состояние почвы и ее физико-химические и буферные свойства и, вследствие чего, на стабильность агроландшафтов в условиях дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны России. Поскольку оптимизация ППК и статуса буферности является ключевым фактором формирования свойств устойчивости почв агроценозов, полученные данные позволяют не только понимать степень влияния кремнийсодержащих материалов на состояние

эффективного плодородия почвы как на следствие, но также и на сопряженность процессов почвенно-поглощающего и микробиотического комплексов в ней как на ключевые причины.

В связи с этим настоящие исследования имеют целью изучение взаимодействия почвенно-поглощающего вещества дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и высоких доз природных кремнийсодержащих пород, выступающих в качестве кондиционеров – почвоулучшителей ионообменного и сорбционного типов.

Объекты и методы

Исследования проводили на базе картофелеводческого предприятия ООО «Элитхоз» Борского района Нижегородской области, где в 2014 г. был заложен микрополевой опыт с полевыми сельскохозяйственными культурами. В первый год испытаний (2015 г.) выращивалась озимая пшеница сорта *Московская 39*.

Объектами исследований являются кремнийсодержащие породы – диатомит Инзенского месторождения (Ульяновская область), цеолит Хотынецкого месторождения (Орловская область) и бентонитовая глина Зырянского месторождения (Курганская область), обобщенный химический состав которых представлен в табл. 1.

Схема опыта предусматривает вариант без пород (контроль), а также три варианта с внесением в почву диатомита, цеолита и бентонитовой глины. Породы вносили однократно в летний период 2014 года в пахотный слой почвы при разбивке участка и закладке опытов в высокой дозе из расчета 3 т/га каждого вида.

Агротехника выращивания культур – общепринятая для микрополевых экспериментов, все работы проводились вручную. Учетная площадь делянки – 1 м^2, расположение делянок рендомизированное, повторность в опытах – четырехкратная. Образцы почвы отбирали в день уборки урожая культуры: точетные – методом конверта из пяти точек с делянки, соединяя их в один объединенный образец.

Таблица 1

Обобщенный химический состав высококремнистых пород

Порода	ИЕ*	Элемент в оксидной форме (на абс.-сух. вещество)				
		SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Диатомит						
- валовая форма, %	80	83,1	0,05	1,25	0,52	0,48
- подвижная форма, мг/кг		12200	37	350	10	39
Цеолит						
- валовая форма, %	48	56,6	0,23	1,82	13,3	1,90
- подвижная форма, мг/кг		7950	260	250	4800	1600
Бентонит						
- валовая форма, %	150	52,3	0,12	0,92	5,5	3,2
- подвижная форма, мг/кг		10500	165	87	46,1	14,2

* – ионообменная емкость, мг-экв/100 г

Микрополевой опыт был заложен на одном участке, сложенным дерново-подзолистой легкосуглинистой почвой, которая характеризуется низким содержанием гумуса (1,2%), среднекислой реакцией среды (4,8 ед. pH_{KCl}), а также средней обеспеченностью подвижными формами фосфора (86 мг/кг), калия (110 мг/кг) и кремния (16 и 213 мг/кг).

Погодные условия местности в 2015 году характеризовались незначительным количеством осадков, а сам год в целом был более жарким по сравнению со средними климатическими нормами региона.

В почве, отобранной из пахотного слоя, определялась кислотно-основная буферность потенциометрическим методом Аррениуса с помощью pH-метра МАРК-903 [8].

Все аналитические изменения выполнены из воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с диаметром ячеек в 1 мм. Исследования проводились на базе лабораторного

комплекса «Эколого-аналитическая лаборатория мониторинга и защиты окружающей среды» Мининского университета, аналитическая повторность – трехкратная.

Обсуждение результатов

В табл. 2 показано изменение буферной емкости дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы под действием 3 т/га диатомовой, цеолитовой и бентонитовой пород.

Было установлено, что взаимодействие вещества внесенных материалов с ППК почвы способствовало изменению показателей ее буферной емкости. В точках кислотного интервала показатель увеличивался, в точках щелочного интервала – уменьшался.

Наименьший положительный сдвиг БЕ отслеживался в условиях внесения в почву цеолита (на 1,4 ммоль H^+ (OH^-) / 100 г почвы), средний сдвиг – на варианте с диатомитом (на 3,7 ммоль H^+ (OH^-) / 100 г почвы), а наибольший сдвиг – на варианте с внесением бентонитовой глины (на 7,1 ммоль H^+ (OH^-) / 100 г почвы).

Таблица 2

Влияние высококремнистых пород на буферную емкость дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы

Вариант / интервал измерения pH	Буферная емкость (БЕ) почвы, ммоль H^+ (OH^-) / 100 г почвы			
	Контроль	Диатомит	Цеолит	Бентонит
Кислотный интервал	14,3	18,0	15,7	21,4
Щелочной интервал	36,7	36,0	36,2	35,1

В точках щелочного интервала происходило снижение показателя буферной емкости почвы с тенденцией по породам, аналогичной по вариантам кислотного диапазона. Так, если минимальное уменьшение показателя было отмечено на варианте с цеолитом (-0,5 ммоль H^+ (OH^-) / 100 г почвы), то наибольшее – на варианте с бентонита (до -1,6 ммоль H^+ (OH^-) / 100 г почвы). Вариант с диатомитом характеризовался средним уровнем снижения показателя буферной емкости почвы (на -0,7 ммоль H^+ (OH^-) / 100 г почвы).

Выводы

В результате проведенных исследований по изучению влияния различных кремнийсодержащих материалов на показатели буферной емкости дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы была установлена тенденция положительного сдвига БЕ в кислотном интервале, а также отрицательного сдвига БЕ в щелочном интервале в случае всех рассматриваемых пород. Подобные изменения в дальнейшем могут свидетельствовать о проявлении способности природных высококремнистых пород к оптимизации кислотно-основного режима дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

Литература

1. Кислотно-основная буферность подзолистых почв и ее изменение под влиянием обработок реактивами Мера-Джексона и Тамма / *Ю. Г. Максимова и др.* // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1208-1220.

2. *Мотузова Г. В.* Природа буферности почв к внешним химическим воздействиям // Почвоведение. 1994. № 4. С. 46-52.

3. *Надточий П. П., Мыслыва Т. Н.* Эталонные величины кислотно-основной буферности дерново-подзолистых почв для фонового мониторинга // Агрохимия. 2014. № 3. С. 83-89.

4. *Поздняк С. П., Гамкало М. З.* Кислотно-основная буферность буроземов украинских Карпат // Почвоведение. 2001. № 6. С. 660-669.

5. Кислотно-основная буферность почв транзитных и транзитно-аккумулятивных позиций ненарушенных ландшафтов Южной тайги / *Е. С. Русакова и др.* // Почвоведение. 2012. № 5. С. 562-573.

6. *Соколова Т. А., Толпешта И. И., Трофимов С. Я.* Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. Тула : Гриф и К, 2012. 124 с.

7. *Толстоконева Е. Н., Жарикова Е. А.* Буферность к основанию природной и агрогенно-измененной темногумусово-глеевой почвы Приморья // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1066-1072.

8. Физико-химические методы исследования почв / под ред. Н. Г. Зырина, Д. С. Орлова. М. : Изд-во МГУ, 1980. 382 с.

9. *Филеп Д., Рэдли М.* Формы кислотности и кислотно-основная буферность почв // Почвоведение. 1989. № 12. С. 48-59.

10. *Шафронов О. Д., Крымова Е. А.* Динамика агрохимических показателей пахотных почв Нижегородской области// Нетрадиционные источники и приемы организации питания растений. Н. Новгород : Изд-во ВВАГС, 2011. С. 11-17.

УДК 631.548

ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПРОПАШНЫХ И ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РФ

И. М. Мухина, Е. Я. Рижия, Н. П. Бучкина, Е. В. Балашов
Агрофизический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург,
muhinairina1989@gmail.com

В течение вегетационного периода в мелкоделяночном полевом эксперименте изучалось влияние биоугля на свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и на урожайность пропашных и злаковых культур. Внесение биоугля из расчета 5 т га$^{-1}$ улучшило некоторые физические свойства почвы, увеличило содержание минерального азота и обменного фосфора, но снизило концентрацию подвижного калия. Биоуголь не влиял на урожайность выращиваемых культур, но улучшил их биохимический состав.

Ключевые слова: биоуголь, пиролиз, урожайность, влажность почвы, содержание минерального азота в почве.

Введение

Биологический уголь (биоуголь) – это материал, получаемый сжиганием биомассы пиролизным способом (при высоких температурах в бескислородной среде) [8, 11]. В производстве биологического угля используется любой вид биомассы, но наиболее предпочтительными являются отходы сельского хозяйства и лесозаготовительной промышленности. Полученный в результате пиролиза продукт характеризуется высоким содержанием углерода в виде устойчивых ароматических соединений [5] и используется как мелиорант, с главным предназначением – секвестрировать на долгое время (до сотен лет) углерод в почве, снизить эмиссию парниковых газов и улучшить почвенные характеристики [11]. Биоуголь, произведённый при разных технологических условиях, будет различаться по физико-механическому составу, а именно, по пористости, плотности сложения, прочности, гигроскопичности и влагопоглощению. Биоуголь также будет обладать разным элементным составом, зольностью, ароматичностью и pH. Эти показатели в совокупности оказывают различное влияние на плотность сложения почвы, её водно-физические и физико-химические свойства, содержание минеральных веществ, биологическую активность и, в конечном счёте, на рост и развитие растений [8], которые, в свою очередь, определяют пригодность биоугля для внесения в почву [9].

Установлено, что биоуголь, как почвенный мелиорант, может способствовать улучшению качества и окультуренности почв [9], снижению кислотности, снижению эмиссии парниковых газов (CO2, N2O, CH4) [12], а также влиять на урожайность посевов [9]. Внесенный в почву биоуголь, через изменение агрегатного состояния почв, общей порозности и водоудерживающей способности влияет на изменение химических и биологических свойств почв [7].

Для раскрытия механизмов взаимодействия биоугля, полученного из древесины, и почвы был заложен мелкоделяночный полевой эксперимент. Цель исследования заключалась в оценке влияния данного мелиоранта на физические и химические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы, а также на урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Объекты и методы

Мелкоделяночный полевой эксперимента был заложен в апреле 2015 года на полигоне Меньковского филиала ФБГНУ АФИ. Изучаемая почва – дерново-подзолистая супесчаная на девонских песках. В данном эксперименте использовался биоуголь, полученныйбыстрым пиролизом (без доступа кислорода) древесины деревьев мягколиственных пород (осина, ольха и береза). Температура пиролиза ~550 °С, с коротким временем обработки угля горячим паром ~ 1 сек. Место производства – город Приозерск (Ленинградская область), май 2009 года. Характеристика почвы и изучаемого биоугля представлены в табл. 1.

Площадь экспериментальной площадки составляла 500 м^2, на которой были разбиты участки под выращивание картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта «Ломоносовский» (2Х4 м^2) и ячменя (*Hordeum vulgare L.*) сорта «Ленинградский 96» (1Х2 м^2). Схема опыта включала 4 варианта опыта: (1) почва-контроль (К), (2) почва +биоуголь, внесенный из расчета 5 т га$^{-1}$(Б), (3) почва+азофоска ($N1_6P_{16}K_{16}$) из расчета 90 кг на га$^{-1}$ (N), (4) почва+биоуголь+азофоска (Б+N). Повторность опыта 4-х кратная в рандомизированном порядке.

Таблица 1

Характеристика дерново-подзолистой супесчаной почвы
и древесного биоугля (исходные данные до начала эксперимента)

Объект	pH KCl	$C_{общ}$, (г кг$^{-1}$)	$N_{общ}$, (г кг$^{-1}$)	C/N	Nмин (мг кг$^{-1}$)	Зола, %	P (мг кг$^{-1}$)	K (мг кг$^{-1}$)
Почва	5,2	18,5±0,6	1,4±0,1	13	13,6±0,8	-	118	75
Биоуголь	7,0	874,0	3,8	230	0,9	0,23	25	117

Примечание: Собщ — содержание общего органического углерода; Nобщ — содержание общего азота, Nмин – содержание минерального азота (NH4+NO3), P – содержание обменного фосфора, K – содержание обменного калия.

Измерение влажности, плотности сложения, температуры почвы проводили еженедельно по стандартным методикам. Отбор почвенных образцов для анализа содержания в них минерального азота, подвижных форм фосфора и калия проводили через каждые по стандартным методикам [2, 3]. Следует отметить, что отбор почвенных проб в вариантах под картофелем проводился только из борозд, но не гребней.

Отбор проб почвенного воздуха проводили еженедельно методом закрытых камер. Концентрацию N_2Oв пробах воздуха измеряли на газовом хроматографе (Carlo Erba Strumentazione Sp A, Италия), оснащенном детектором электронного захвата.

Учет биомассы и урожая культур выполняли по методике Доспехова [1]. Для ячменя (метод сплошного обмолота) – с учетом урожая со всей учетной площади каждой делянки и с поправкой на выключки, изреженность и защитки, а для картофеля – учет проб из определенного числа кустов картофеля и с поправкой на выключки и концевые защитки.

Статистическая обработка результатов исследований включала вычисления значений средних, стандартных отклонений и коэффициентов линейной корреляции при $p \leq 0,05$. Достоверность различий средних значений оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) при $p \leq 0,05$.

Обсуждение результатов

В управлении почвенными процессами содержание почвенной влаги играет важную роль. Данный показатель является одним из лимитирующих факторов для роста и развития растений. Влажность изучаемой почвы существенно ($p < 0,05$) зависела от выпадения осадков, температуры воздуха и агротехнологии возделывания культур. Динамика влажности показала, что внесение биоугля в делянки с ячменем существенно повысило данный показатель ($p<0,05$), в среднем за вегетацию, в 1,3 раза по сравнению с контрольным вариантом. Внесение азофоски привело к несущественному увеличению влажности почвы, а совместно биоугля и азотного удобрения – существенно увеличило ($p<0,05$) влажность почвы по сравнению с контролем в течение вегетации, однако различия с вариантами почвы, в которые вносились отдельно биоуголь и отдельно азофоска были не существенными (рис. 1).

Внесение изучаемых биоугля, азофоски и их комбинации под картофель, так же, как и под ячмень, увеличило влажность почвы по сравнению с контролем, в среднем за вегетацию в 1,2, 1,1 и 1,2 раза, соответственно, по сравнению с контролем. Потребность данной культуры в воде больше, чем у зерновых, и биоуголь способствовал поддержанию влажности в почве в течение вегетации в сравнении с почвой без биоугля.

Ранее проведенные исследования по изучению влияния биоугля на изменение основной гидрофизической характеристики показали, что биоуголь способствуетувеличению водоудерживающей способности, благодаря высокой пористости и ароматической структуре [4].

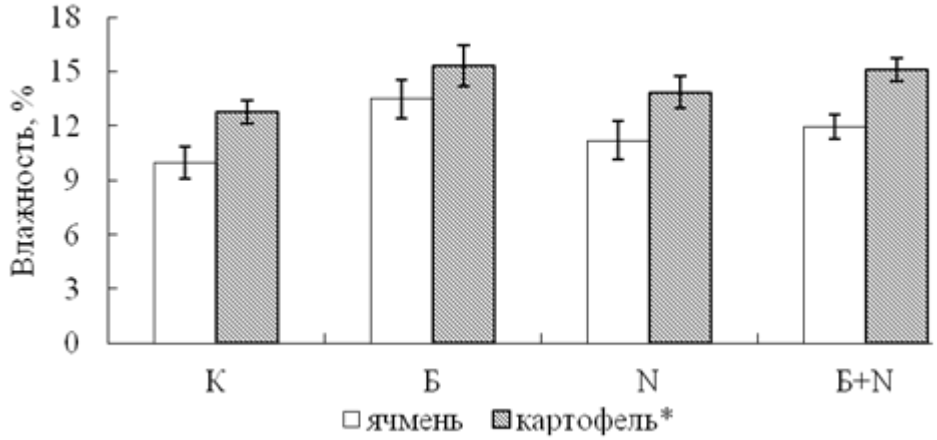


Рис. 1. Средняя влажность почвы под картофелем и ячменем в течение вегетационного периода, где здесь и далее: К – вариант почва-контроль, Б – почва с биоуглем, N – почва с азотным удобрением, Б+N–почва с биоуглем и азотным удобрением; * – содержание влаги в бороздах

Плотность сложения почвы в вариантах выращиваемых культур увеличивалась в течение вегетации от 1,1±0.2 до 1,4±0.1 г $см^{-3}$ и также зависела от климатических данных и агротехнологии возделывания культур. В течение вегетации проводилось окучивание картофеля, что приводило к уменьшению плотности сложения почвы в междурядьях данной культуры. В то время как под ячменем наблюдалось постепенное увеличение плотности сложения от начала вегетации к концу. Результаты исследований показали, что внесение биоугля в почву, как индивидуально, так и совместно с азотным удобрением, приводило к несущественному ($p>0,05$) снижению ее плотности сложения по сравнению с контролем.

Существенные различия по содержанию минерального азота (Nмин) в почвах под изучаемыми культурами были отмечены только в контрольном варианте и с азофоской (рис. 2). Максимальное содержание было отмечено в вариантах с азофоской – в среднем за вегетацию 33 и 59 мг $кг^{-1}$, соответственно для почв под ячменем и картофелем.

Внесение биоугля в почву под ячмень индивидуально и совместно с азофоской, увеличило содержание минерального азота на 17% и 21%, соответственно, по сравнению с контролем. Совместное внесение биоугля с азофоской достоверно снизило ($p<0,05$) содержание данного показателя в 1,3 раза по сравнению с вариантами с азофоской. Внесение биоугля в почву под картофель не оказало существенного влияния на изменение данного показателя, по сравнению с контролем, но достоверно снизило ($p<0,05$) концентрацию аммония и нитратов, в среднем в 2 раза, по сравнению с вариантами почв с азофоской.

Отмечено существенное преобладание ($p<0,05$) содержания подвижного фосфора (Р) в вариантах почвы под ячменем над вариантами почвы под картофелем. Результаты исследований показали отсутствие существенного влияния биоугля на изменение содержание подвижного Р в почве под картофелем, по сравнению с контролем, как при индивидуальном внесении, так и совместном с азофоской (рис. 3). В почве под ячменем было отмечено достоверное увеличение ($p<0,05$) данного показателя в 1,5-1,7 раз при внесении биоугля, азофоски и совместно биоугля с азофоской по сравнению с контролем, но без существенных различий между выше перечисленными вариантами.

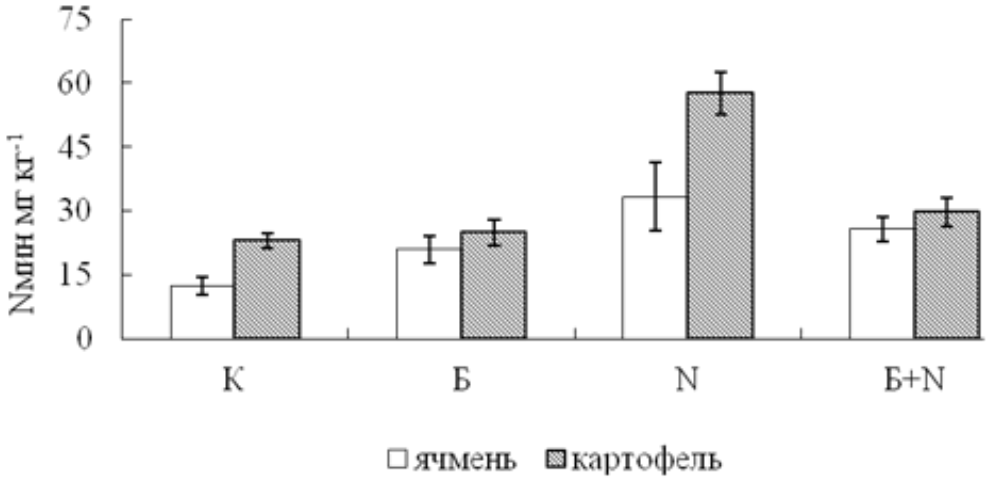


Рис. 2. Среднее содержание минерального азота в вариантах опыта в течение вегетационного периода 2015 года, где Nмин – сумма $N\text{-}NH_4^+ + N\text{-}NO_3^-$

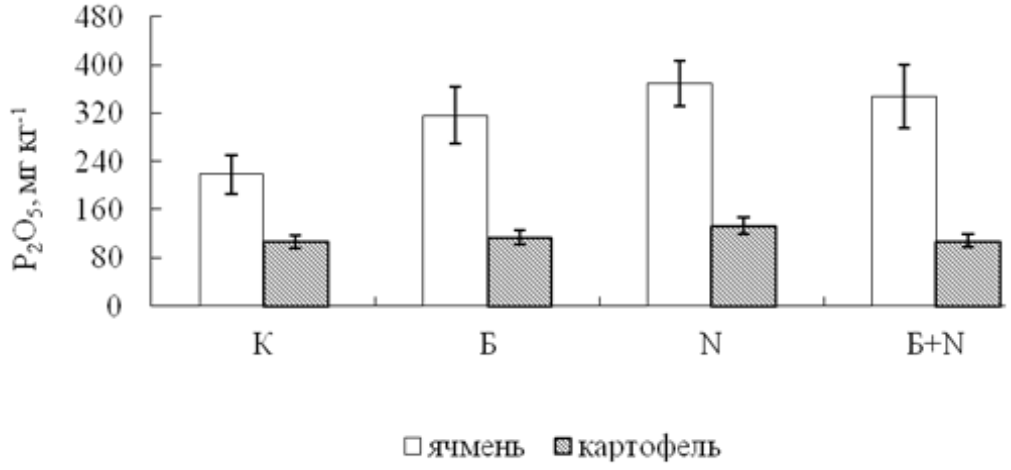


Рис. 3. Среднее содержаниеподвижного фосфора в вариантах эксперимента в течение вегетационного периода 2015 года

Результаты эксперимента показали отсутствие существенных различий по содержанию обменного калия между контрольными вариантами ячменя и картофеля. В тоже время в вариантах с биоуглем (внесенного как индивидуально, так и совместно с азофоской) наблюдалось достоверное ($p<0,05$) уменьшение концентрации данного элемента под картофелем по сравнению с ячменем. Максимальное содержание подвижного калия отмечалось в варианте с внесением азофоски, как в вариантах с ячменем, так и картофелем, которое достигало величны в среднем за вегетацию 137 и 107 мг $кг^{-1}$, соответственно для культур. Внесение биоугля в почвы под ячменем привело к достоверному увеличению содержания данного элемента по сравнению с контролем – в 1,6 раза, в почвах под картофелем существенные различия между соответствующими вариантами не наблюдались. В вариантах совместного внесения биоугля и азофоски отмечено снижение концентрации обменного калия по сравнению с вариантом с азофоской.

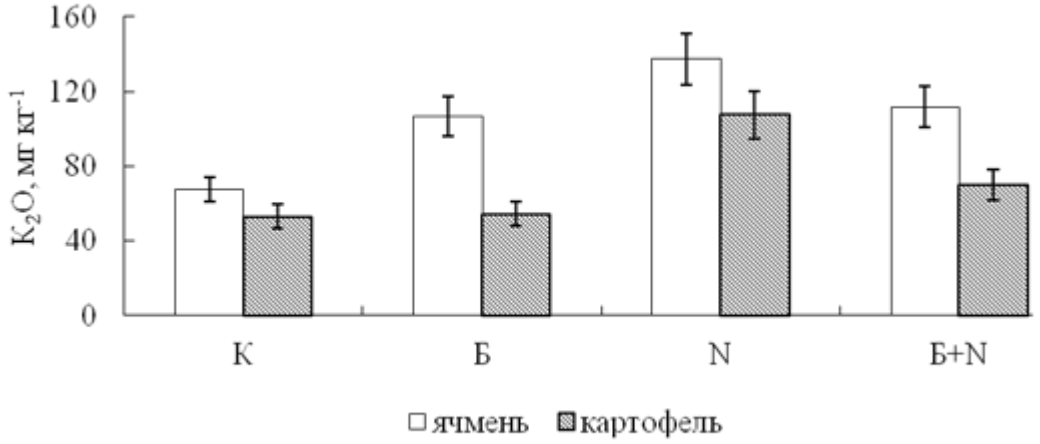


Рис. 4. Среднее содержание обменногокалия в вариантах опыта в течение вегетационного периода 2015 года

Учет урожайности выращиваемых культур показал существенные различия ($p<0,05$) между вариантами с азофоской и без азофоски (рис. 5)

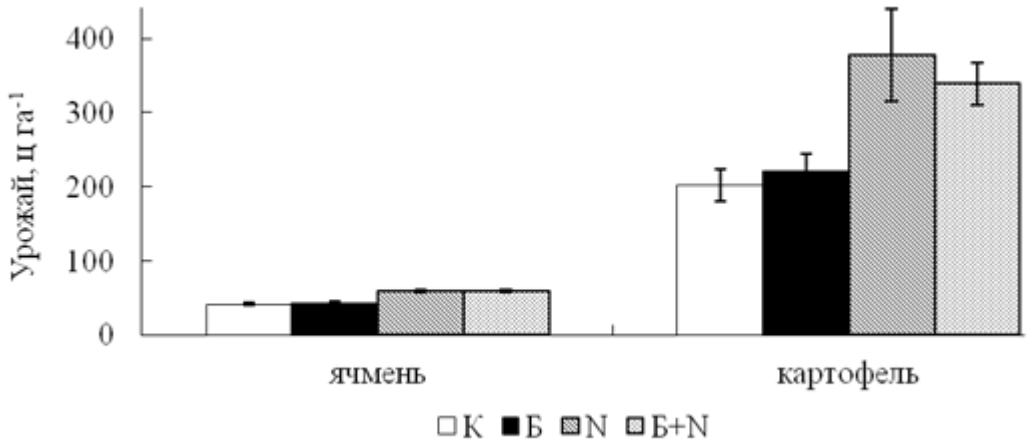


Рис. 5. Урожай сельскохозяйственных культур за вегетационный сезон 2015 года

Внесение биоугля в почву не влияло на урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур. На делянках с ячменем разница урожайности ячменя при внесении биоугля в варианты, как с удобрением, так и без удобрения, не была выявлена.

Внесение биоугля на делянки с картофелем привело к незначительному росту ($p > 0,05$) урожайности картофеля на 10% по сравнению с контрольным вариантом, также как привело к недостоверному ($p > 0,05$) снижению урожайности на 10% в варианте с совместным внесением биоугля и удобрения по сравнению с вариантом почвы с удобрением.

Сформировавшиеся в процессе вегетации свойства зерна ячменя и картофеля оказывают определяющее влияние на многие процессы его послеуборочной обработки, хранения и переработки. Результаты наших исследований показали, что внесение биоугля, как под ячмень, так и под картофель изменило биохимический состав данных культур (табл. 1).

Как видно из представленных данных, внесение биоугля индивидуально и совместно с азофоской позволило с максимальной эффективностью использовать питательные вещества, сохраняя при этом плодородие почв и хорошее качество культур.

Таблица 1

Средний биохимический состав ячменя и картофеля
в различных вариантах опыта

Вариант	Ячмень, зерно (Ленинградский 96)				Картофель, клубни (Ломоносовский)			
	К	Б	N	Б+N	К	Б	N	Б+N
Влага, %	14,2	13,7	14,3	13,9	75,0	70,2	74,3	72,2
Крахмал, % н.в.	52,0	54,0	56,0	58,0	18,0	18,6	17,5	18,4
Белок, %	9,5	10,3	10,5	10,6	1,8	2,1	2,2	2,3
Клетчатка, %	4,8	5,5	5,2	5,6	0,6	0,8	0,8	0,9
Сухое вещество, %	67,5	69,3	70,2	74,5	26,3	27,5	26,5	24,9
Сырая зола, % а.с.в.	2,1	2,0	2,3	2,2	3,0	2,5	3,3	2,1

Выводы

Внесение биоугля в дерново-подзолистую супесчаную почву привело к изменению содержания влаги в почве, которая в среднем за вегетацию увеличилась на 7–29% по сравнению с контрольным вариантом. Плотность сложения почвы не зависела от наличия биоугля в почве. Содержание минерального азота в почве с биоуглем увеличилось в 1,7 и 2,3 раза по сравнению с контролем, соответственно для ячменя и картофеля. Совместное внесение биоугля с азфоской приводило к снижению содержания минерального азота по сравнению с вариантом почвы с азотным удобрением. Биоуголь не влиял на урожайность изучаемых культур, однако улучшил их биохимические показатели.

Таким образом, биоуголь оказал положительное воздействие на показатели почвы, рост и развитие изучаемых зерновых и пропашных культур, однако для рекомендаций всестороннего использования данного продукта в сельском хозяйстве требуются дополнительные многолетние исследования.

Литература

1. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 4-е, перераб. и дополн. М. : Колос,1979. 416 с.

2. *Растворова О. Г.* Физика почв : практ. рук. Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 193 с.

3. *Растворова О. Г., Андреев Д. П., Гагарина Э. И.* Химический анализ почв : учеб. пособие. СПб. : Изд-во СПбГУ. 1995. 264 с.

4. Влияние биоугля на свойства образцов дерново-подзолистой супесчаной почвы с разной степенью окультуренности (лабораторный эксперимент) / *Е. Я. Рижия и др.* // Почвоведение. 2015. № 2. С. 211-220.

4. *Bourke J., Manley-Harris M., Fushimi. C.* Do all carbonised charcols have the same structure? A model of the chemical structrue of carbonized charcoal // Journal of Industrial and

Engineering Chemistry Research. 2007. № 46. С. 5954-5967.

5. Nitrous oxide emissions from a light-textured arable soil of North-Western Russia: effects of crops, fertilizers, manures and climate parameters / *N. P. Buchkina etc.* // Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2010. № 87, Вып. 3. P. 429-442.

6. *Downie A., Crosky P., Munroe P.* Physical properties of biochar // Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan; London, 2009. С. 13-32.

7. *Marris E.* Black is the new green // Nature. 2006. № 442. С. 624-626.

8. *Steiner C., Teixera W. G., Lehmann J.* Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered central Amazonian upland soil // Plant and Soil. 2007. № 291. С. 275-290.

9. *Van Groenigen J. W., Velthof G. L., Oenema O.* Towards an agronomic assessment of N2O emissions: a case study for arable crops // European Journal of Soil Science. 2010. № 61. С. 903-913.

10. *Verheijen F., Jeffery S., Bastos A.C.* Biochar application to soils, a critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions. Luxembourg, 2009. 149 с.

11. *Wang H., Lin K., Hou Z.* Sorption of the herbicide terbuthylazine in two New Zealand forest soils amended with biosolids and biochars // Journal of Soil and Sediments. 2010. № 10. С. 283-289.

УДК 631.471 (571.54)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАШНИ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ЗАБАЙКАЛЬЯ

А. К. Уланов
Бурятский НИИСХ, г. Улан-Удэ,
global@burniish.ru

Под влиянием 29-летнего различного агрогенноговоздействия в профиле каштановых почв формируются следующие генетические горизонты: $А_{пах}$, АВ, В1, $В2_к$, $ВС_к$, $С_к$. Основные морфологические изменения характерны для мощности гумусового слоя и уровня залегания карбонатов. Вывод пашни в залежь восстанавливает потенциальное плодородие каштановой почвы, а бессменное парование ведет к ухудшению агрохимических свойств почвы.

Ключевые слова: каштановая почва, севооборот, залежь, бессменный пар, морфологический профиль, агрохимические показатели.

Введение

Современное развитие пахотных почв происходит под воздействием особого генетически самостоятельного естественно-антропогенного (культурного) почвообразовательного процесса, который имеет свои особенности в каждой почвенно-климатической зоне в соответствии с характером сельскохозяйственного использования [1]. Культурный почвообразовательный процесс, развивающийся под воздействием человека, является целенаправленным, приводящим к созданию нового природного тела – высокопродуктивной, культурной почвы, соответствующей особенностям возделывания сельскохозяйственных растений. При этом в разных генетических типах почв при их окультуривании, несмотря на резкие зональные различия, формируются общие закономерности, что свидетельствует о развитии в них единого естественно-антропогенного почвообразовательного процесса.

Антропогенный процесс почвообразования подробно представлен в работах российских ученых [2, 5, 7, 8, 10], в которых детально охарактеризованы свойства антропогенно-измененных почв и вскрыты особенности их развития. Характерной особенностью антропогенного воздействия на почвы является хорошо выраженная двойная

цикличность: естественная (сезоны года) и агрогенная (сельскохозяйственные обработки). Существует два основных направления агрогенного развития почв: проградационное и деградационное. В реальной практике земледелия данные тренды эволюции могут чередоваться и сочетаться друг с другом, обеспечивая устойчивость во времени агрогенно созданных свойств агрогоризонтов. Устойчивость определяется характером ответных реакций исходной почвы на агрогенное воздействие.

В настоящее время, согласно процессо-эволюционного подхода к изучению агропедогенеза [5], наиболее адекватным методом сравнительного анализа почв является сопоставление разных рядов трансформации антропогенных почв в культуре. Поэтому изучаемые ряды должны различаться по деградации, окультуриванию или по влиянию каких-либо других форм воздействия. При таком методе сравнения нет необходимости в знании параметров природного профиля почв.

В связи с этим, наиболее целесообразно изучать изменение морфологических и физико-химических свойств почв под воздействием антропогенных и природных факторов в длительных стационарных опытах, в которых на высоком агрономическом уровне соблюдаются все агротехнические приемы и требования. Для этих целей многолетний стационарный опыт Бурятского НИИСХ с моделированием крайних вариантов использования пахотной каштановой почвы (пар бессменный, залежь, севооборот) является уникальным объектом исследований.

Объекты и методы

Изменения морфологического профиля и агрохимических свойств каштановой почвы определялось на стационаре почвозащитного земледелия Бурятского НИИСХ в типичном 4-польном зернопаровом севообороте сухостепной зоны: пар чистый – пшеница – овес – овес на зеленую массу, бессменном пару и выводе в залежь. Опыт заложен в 1984 году. В течение 29 лет соблюдали единую для каждого варианта технологию. В 4-польном зернопаровом севообороте применялась комбинированная система обработки почвы, когда плоскорезные обработки по полям прерывались отвальной вспашкой в пару на 20–22 см. Бессменный пар поддерживался в чистом состоянии 5–6 культивациями за сезон в зависимости от преобладающих сорняков КПС-4,0 и КПЭ-3,8. При выводе пашни в залежь агротехнические работы с 1984 года не проводились. Повторность опытов 4-х-кратная, площадь делянок –1400 м^2.

По плодородию исходная почва характеризовалась (0–20 см) близкой к нейтральной реакцией среды ($pH_{вод}$ 6,9±0,2), низким содержанием общего (0,10±0,2%) и нитратного азота (5,8±0,3мг/кг), невысокой емкостью поглощения (16,8±3,0%), средним содержанием подвижного P_2O_5 (23,0±1,8 мг/100 г) и высоким обменного K_2O (9,5±0,6 мг/100 г) при содержании гумуса 1,44±0,13%. По физическим свойствам почва отличалась высокой плотностью сложения (1,48±0,25 г/см^3) и водопроницаемостью, низкой водоудерживающей способностью при незначительном диапазоне активной влаги (109±9 мм) в метровой толще.

Для изучения морфогенетической характеристики вариантов опыта закладывались почвенные разрезы, описание которых проводилось по существующим методикам [6, 9]. Отбор почвенных образцов осуществляли по генетическим горизонтам. В почвенных образцах выполнены следующие анализы: гумус по методу И.В. Тюрину (ГОСТ 26213-91), подвижные соединения фосфора и калия по Ф.В. Чирикову (ГОСТ 26204-91), pH – потенциометрически (ГОСТ 26483-85), обменный кальций и магний атомно-абсорбционным методом (ГОСТ 26487-85). Обработку данных проводили математико-статистическими методами [3].

Обсуждение результатов

Морфологические признаки почвенного профиля являются устойчивой внешней характеристикой почв. В них отражаются все важнейшие свойства, особенности происхождения и развития. Однако даже непродолжительное антропогенное воздействие

на почву приводит к изменениям морфологических признаков. В результате механических обработок при сельскохозяйственном использовании почв формируется так называемый пахотный горизонт ($А_{пах}$).

Пахотный горизонт, обладая специфическими признаками, существенно отличается от исходных генетических горизонтов целинных почв и представляет собой горизонт окультуренности при сохранении зонального облика [8, 10]. Пахотный горизонт в значительной степени определяет плодородие всего почвенного профиля и влияет на направленность и интенсивность почвообразовательного процесса. Необходимо отметить, что при сельскохозяйственном использовании подвергается не только пахотный, но и нижележащие горизонты.

Исследованиями на основных типах почв Западной Сибири [10] установлено, что влияние сельскохозяйственного использования на морфологический профиль неодинаково и определяется типом почвообразования. Так, научно-обоснованное сельскохозяйственное использование подзолистых почв усиливает развитие дернового процесса, увеличивает мощность гумусового горизонта и всей почвенной толщи, охваченной почвообразованием. В зависимости от степени окультуренности происходит дифференциация горизонта ($А_{пах}$) на подгоризонты. Черноземы и каштановые почвы, образующиеся в результате дернового процесса, являются более устойчивыми к антропогенному воздействию. Основные изменения в морфологическом профиле здесь проявляются в виде увеличения гумусового горизонта, в выраженности, глубине залегания и мощности карбонатного. Эти изменения усиливаются, если в севооборот включен чистый пар, в котором уровень залегания карбонатов наиболее высокий, что связано с большей испаряемостью с поверхности, не занятой растительностью. Бессменное парование уменьшает мощность гумусового слоя почв из-за отсутствия поступления свежих порций органического вещества.

Во всех изучаемых вариантах опыта установлен один тип почвы, согласно «Классификации и диагностики почв СССР» [6] – каштановая маломощная супесчаная мучнисто-карбонатная на аллювиально-делювиальных отложениях или «Полевого определителя почв России» [9] – агрозем каштановый аккумулятивно-карбонатный малогумусный, что свидетельствует об однородности почвенного покрова опытного участка.

В морфологическом профиле каштановой почвы опытного участка выделены горизонты: $А_{пах}$ мощностью 15–20 см; АВ – от 15–20 до 30 см; В1 – от 21–30 до 63 см; $В2_к$ (карбонатный) – от 43–63 см до 105 см и $ВС_к$ – от 81–105 до 124–130 см, который постепенно переходит в материнскую породу С.

В качестве примера приводим морфологическое описание почвенного профиля, вскрытого на делянке четырехпольного зернопарового севооборота под овсом на зеленую массу.

Рельеф равнинный, 32 км трассы Улан-Удэ – Кяхта, послеуборочные остатки овса на зеленую массу. Бурно вскипает от HCl с 46 см.

$А_{пах}$	$\frac{0\text{-}20}{20}$	см	Коричнево-серый, супесчаный, комковато-зернистый, слабоуплотненный, обильно пронизан корнями, мелкие камни, сухой, не вскипает от HCl, переход постепенный по цвету, резкий по плотности.
АВ	$\frac{20\text{-}27}{7}$	см	Коричнево-серый, супесчаный, комковатой структуры, уплотненный, корни, мелкие камни, влажный, не вскипает от HCl, переход ясный по цвету.
В1	$\frac{27\text{-}46}{19}$	см	Буровато-желтый, супесчаный, непрочной комковатой структуры, уплотненный, разложившиеся корни, камушки 1-2 мм, влажный, переход по вскипанию от HCl.
$В2_к$	$\frac{46\text{-}95}{49}$	см	Желтый с белесым оттенком, супесчаный, бесструктурный, уплотненный, единичные разложившиеся корни, камушки, влажный, бурно вскипает от HCl, переход постепенный по по

			окраске.
$ВС_к$	95-130 35	см	Светло-желтый, супесчаный, бесструктурный, рыхлый, корней нет, камушки, влажный, вскипает от HCl, переход постепенный.
$С_к$	130-158 28	см	Серовато-желтый, супесчаный, бесструктурный, рыхлый, влажный, вскипает от HCl.

$А_{пах}$ в вариантах с обработкой почвы ограничивается плужной подошвой, обусловленной глубиной обрабатываемого слоя согласно технологии опыта. Так, соответственно в бессменном пару мощность $А_{пах}$ составляет 15 см, а в типичном зернопаровом севообороте 20 см (рис. 1).

Сравнение между собой мощности гумусового слоя ($А_{пах}$ + АВ) показало, что за 29 лет наибольшая его толщина отмечена под залежью, где составила 30 см. Наименьшая мощность гумусового слоя – 21 см выявлена в бессменном пару, при промежуточной его толщине в зернопаровом севообороте – 27 см. Данное обстоятельство вполне логично, так как при длительном паровании практически не происходит поступления свежих порций органического вещества, тогда как при выводе в залежь процессы почвообразования приближены к целинным аналогам. Подобные закономерности в формировании гумусового слоя отмечены в каштановых почвах Кулундинской степи [10].

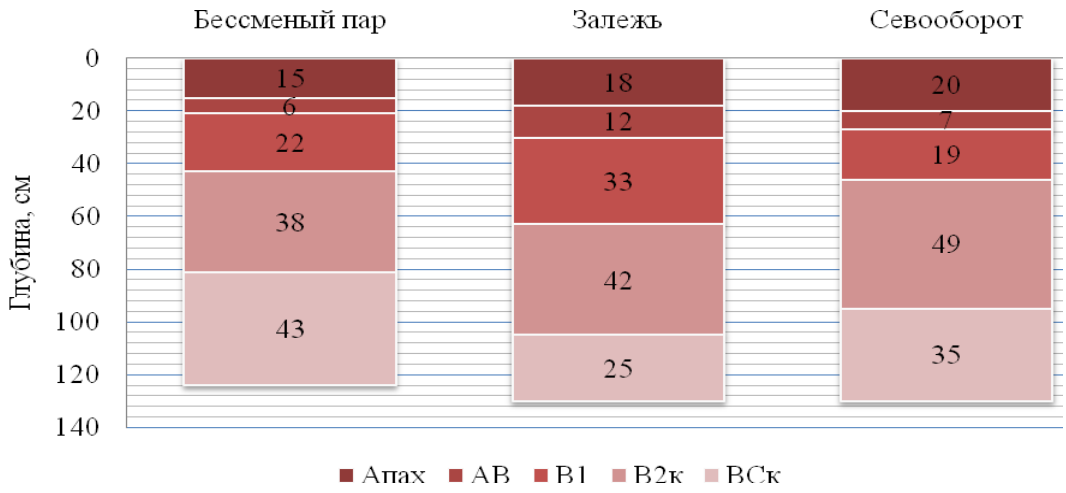


Рис. 1. Изменение морфологического профиля каштановой почвы под влиянием сельскохозяйственного использования

Средняя часть морфологического профиля представлена переходными горизонтами от гумусового к материнской породе – В1 и $В2_к$. Общая мощность которых составляет 60 см в бессменном пару, 68 см в севообороте и 75 см – залежи. Мощность горизонта В1 находится в пределах вариантах опыта от 21 см в бессменном пару до 33 см в залежи.

Карбонатный горизонт в изучаемых вариантах составляет 38–49 см. Наиболее высокий уровень залегания карбонатного слоя отмечается под бессменным паром – 43 см, несколько опущен под севооборотом – 46 см и понижен до глубины 63 см в залежи. Это делает их схожими с аналогами каштановой почвы Кулундинской степи, которое объясняется авторами [10] большей испаряемостью влаги с поверхности, не занятой растительностью и куда подтягиваются карбонаты. В залежи корневая система растений интенсивно использует имеющуюся влагу из слоя 0-63 см и сдерживает тем самым восходящую миграцию карбонатов.

В отличие от каштановых почв Кулунды, где карбонаты более концентрированы под многолетними травами и пшеницей, чем в бессменном пару, в условиях Бурятии большая их концентрация отмечается в варианте длительного парования, нежели залежи и в севообороте.

С химической точки зрения почвообразовательный процесс представляет собой постоянную миграцию химических элементов, а отдельные его стадии, характеризующие тип и подтип почв, имеют свои особенности перераспределения, выноса и накопления продуктов почвообразования. При сельскохозяйственном использовании различных типов почв существенные изменения претерпевает их почвенный поглощающий комплекс (ППК), состав которого определяет многие свойства почв. Установлено, что состав обменных катионов в ППК оказывает влияние на структуру почвы, физические и физико-механические свойства, водно-воздушный, питательные режимы, и в целом определяет уровень плодородия почв и урожайности культур [8]. Вследствие этого изучение воздействия сельскохозяйственного использования на трансформацию химических свойств почв имеет исключительную актуальность, поскольку позволяет выявить изменения генетического характера.

Таблица 1

Влияние сельскохозяйственного использованияна агрохимические свойства каштановой почвы (1984-2012 гг.)

Вариант опыта	Горизонт, мощность, см	$pH_{вод}$	Гумус, %	мг-экв/100 г почвы		мг/100 г почвы (по Чирикову)	
				Ca^{+2}	Mg^{+2}	P_2O_5	K_2O
Севооборот	$A_{пах}$0-20	7,0	1,59	9,1	3,6	22,9	11,5
	АВ 20-27	7,2	1,31	8,7	3,4	20,3	10,2
	В1 27-46	7,0	0,92	8,1	4,0	17,0	7,8
	$В2_к$ 46-95	7,7	0,65	6,1	2,9	12,0	5,7
	$ВС_к$95-130	7,9	0,39	5,1	2,4	10,3	5,1
Пар бессменный	$A_{пах}$0-15	6,8	1,39	8,8	2,1	16,5	9,7
	АВ 15-21	7,0	1,18	8,5	2,2	14,8	8,4
	В121-43	6,9	0,87	8,0	2,8	12,3	6,7
	$В2_к$ 43-81	7,9	0,50	4,5	2,3	9,1	5,0
	$ВС_к$81-124	8,0	0,34	4,0	1,8	8,3	3,8
Залежь	$A_{пах}$0-18	7,1	2,13	12,1	4,0	27,4	12,6
	АВ 18-30	7,2	1,65	10,9	3,7	23,8	10,9
	В1 30-63	7,4	1,16	10,1	4,3	20,9	8,7
	$В2_к$ 63-105	7,8	0,74	9,3	3,8	14,2	7,0
	$ВС_к$105-130	8,2	0,41	7,1	2,8	10,5	5,4

При 37-летнем различном сельскохозяйственном воздействии на каштановые почвы Кулундинской степи по-разному изменяются их физико-химические свойства [10]. В их пахотных горизонтах уменьшается емкость поглощения. При этом снижается доля поглощенного кальция и увеличивается доля поглощенного магния, что способствует усилению солонцеватости всего профиля. Снижается величина pH и степень насыщенности основаниями.

Как показали результаты наших исследований (табл. 1), реакция среды в верхних горизонтах всех изучаемых вариантов близка к нейтральной ($pH_{вод}$ – 6,8–7,2), а в нижних,

при переходе в карбонатные горизонты, – щелочная ($pH_{вод}$ – 7,7–8,2), что соответствует особенностям каштановых почв Бурятии [9, 10]. Наблюдается тенденция снижения величины pH в верхних горизонтах бессменного пара относительно варианта вывода пашни в залежь.

Известно гумусовый горизонт каштановых почв Бурятии формируется в условиях недостаточного поступления исходных гумусообразователей [10, 12, 13]. Основным источником свежего органического вещества является корневая система естественных фитоценозов, развивающаяся преимущественно в верхнем гумусовом горизонте. С одной стороны, жесткие биоклиматические условия, высокая лигнифицированность растительных остатков замедляют процессы разложения и гумификации, с другой – значительная степень минерализации новообразованных органических соединений тормозит обновление гумусовых веществ. Еще меньше поступает органических веществ в пахотные почвы – в среднем 5 т/га корневых и стерневых остатков культурных растений.

В условиях стационарного опыта основное содержание гумуса каштановой почвы во всех вариантах опыта отмечается в верхних горизонтах при постепенном его уменьшении по почвенному профилю. При этом меньшее поступление свежего органического вещества обуславливает и самое низкое содержание гумуса каштановой почвы. Так, через 29 лет бессменного парования содержание гумуса в пахотном горизонте составило – 1,39%, в подпахотном 1,18%, что обусловлено усилением биологической минерализации органического вещества в результате интенсивных обработок при постоянном дефиците свежей мортмассы. В горизонте В1 содержание гумуса составило – 0,87%, а в горизонтах $В2_к$ и $ВС_к$ – 0,50 и 0,34%.

В зернопаровом севообороте содержание гумуса в $А_{пах}$ составило 1,59%, в подпахотном – 1,31%, что соответственно выше бессменного пара на 14,4 и 11,0%. Это связано, главным образом, регулярным поступлением в почву корневых и стерневых остатков зерновых культур. Вниз по профилю содержание гумуса также уменьшается, достигая в горизонте $ВС_к$ – 0,34%.

В залежи при постоянном количестве гумусообразователей содержание гумуса существенно выше относительно как бессменного пара, так и зернопарового севооборота по всему почвенному профилю. В горизонте А его количество составило 2,13%, в АВ – 1,65%, что превосходит бессменный пар соответственно на 53,3 и 39,8%. В горизонте В1 содержание гумуса составило – 1,16% и в горизонтах $В2_к$ и $ВС_к$ – 0,74 и 0,41%.

Особенности каштановых почв Бурятии: легкий гранулометрический состав и низкое содержание гумуса обуславливают невысокую сумму Ca + Mg (колебания по профилю от 9 до 20 мг-экв/100 г почвы), которая составляет основу почвенного поглощающего комплекса, и она практически соответствует емкости поглощения [12, 13]. В составе ППК основная роль принадлежит кальцию, его содержание в верхних гумусовых горизонтах составляет 6–18 мг-экв и превышает содержание магния в 2–4 раза.

Как показали наши исследования, наибольшая сумма поглощенных оснований отмечается в почве залежи, где она в $А_{пах}$ составляет 16,1 мг-экв/100 г почвы, постепенно снижаясь по профилю до 9,9 мг-экв/100 г почвы в $ВС_к$. Под бессменным паром и севооборотом данная величина в $А_{пах}$ меньше на 47,7 и 26,8% и опускается в $ВС_к$ до 5,8 и 7,5 мг-экв/100 г почвы соответственно.

В составе поглощенных оснований преобладает катион кальция, на долю которого по почвенному профилю в бессменном пару приходится 66,2–80,7%, в севообороте – 66,9–71,7 и залежи – 70,1–75,2%. Роль обменного магния несколько возрастает в нижних горизонтах во всех вариантах опыта, где он составляет 29–34%. При этом наибольшее количество обменного магния отмечается в почве залежи, а наименьшее в бессменном пару.

Длительное сельскохозяйственное использование сопровождается нарушением баланса питательных веществ, так как часть растительной продукции отчуждается с урожаем, а с ним удаляются минеральные вещества и органические соединения. При этом, как правило, в земледелии складывается дефицитный баланс не только азота, но и таких биогенных элементов как фосфора и калия. В условиях хорошего фосфорного и калийного

питания повышается устойчивость растений к заболеваниям и неблагоприятным факторам внешней среды, увеличивается урожай и качество растениеводческой продукции. Кроме того, данные элементы благоприятно влияют на физические и биологические свойства почвы, способствуют протеканию коллоидно-химических и бактериальных процессов. Почвы, обогащенные фосфором и калием, отличаются хорошим структурным состоянием и высокой биологической активностью.

Основное значение в питании растений этими элементами принадлежит подвижному фосфору (P_2O_5) и обменному калию (K_2O), которые накапливаются в почвенном поглощающем комплексе. Их содержание, при сельскохозяйственном использовании, главным образом, зависит от генетических особенностей почвы, погодных условий, возделываемой культуры, обработки почвы, применения удобрений и т.д.

По обобщенным данным [1], каштановые почвы Бурятии в верхних горизонтах содержат P_2O_5 – 20,9±5,55 мг/100 г (по Чирикову) и 1,5±0,3 мг/100 г (по Мачигину), K_2O – 9,0±1,1 мг/100 г (по Чирикову) и 10,5±0,8 мг/100 г (по Мачигину). Следовательно, обеспеченность каштановых почв доступным фосфором по Чирикову – высокая, по Мачигину – низкая; обменным калием по Чирикову – повышенная, а по Мачигину – средняя. Абсолютные значения, определенные методом Ф. В. Чирикова, по профилю каштановой почвы подвижного фосфора варьируют от 8,5 до 32,5 мг/100 г, обменного калия от 6,2 до 18,0 мг/100 г.

В условиях стационара определение подвижных форм фосфора и калия за 29-летний период проведено по методу Ф. В. Чирикова. Колебания по вариантам опыта составило подвижного фосфора 8,3–27,4 мг/100 г, обменного калия 3,8–12,6 мг/100 г. По профилю почвы содержание подвижных форм фосфора и калия постепенно уменьшается.

Обеспеченность по почвенному профилю подвижным фосфором уменьшается в залежи и севообороте от очень высокого в $А_{пах}$ (24,9–27,4 мг/100 г) до повышенного в горизонтах $В2_к$ и $ВС_к$ (10,3–14,2 мг/100 г), а в бессменном пару соответственно от высокого (16,5 мг/100 г) до среднего (8,3–9,1 мг/100 г). Наибольшее содержание P_2O_5 отмечается в почве залежи, где в гумусовом горизонте оно составило 27,4 мг/100 г и превышает пахотные горизонты бессменного пара и севооборота на 66,1 и 22,3% соответственно. Превышение в содержании подвижного фосфора в почве залежи относительно вариантов с обработкой почвы отмечено во всех горизонтах. Это, прежде всего, связано с увеличением содержанием в почве гумуса. По мнению исследователей [10] в почвах с высоким содержанием гумуса растения лучше обеспечиваются фосфором, поскольку образующиеся при минерализации органического вещества углекислота, гуминовые и фульвокислоты оказывают растворяющее действие на труднорастворимые соединения фосфора.

Содержание обменного калия по профилю почвы уменьшалось в залежи и севообороте от высокого (11,5–12,6 мг/100 г) в $А_{пах}$ до среднего (5,1–7,0 мг/100 г) в горизонтах $В2_к$ и $ВС_к$. В бессменном пару обеспеченность K_2O падала от повышенного (9,7 мг/100 г) до низкого (3,89 мг/100 г). Наибольшее содержание обменного калия отмечается в почве залежи, где в гумусовом горизонте оно составляет 12,6 мг/100 г, в АВ – 10,9, В1 – 8,7, $В2_к$ – 7,0 и $ВС_к$ – 5,4 мг/100 г, что соответственно выше аналогичных горизонтов севооборота и залежи на 9,6 и 22,9%, 6,9 и 29,7; 11,5 и 29,9; 22,8 и 40,0; 5,9 и 42,1%.

Между агрохимическими показателями вариантов опыта: содержанием гумуса, суммой поглощенных оснований, количеством подвижных форм фосфора и калия существуют тесные корреляционные связи, что наиболее адекватно и достоверно объясняет полученные изменения в результате различного 29-летнего сельскохозяйственного использования каштановой почвы. Так, установлены высокие достоверные связи ($r \pm s_r$) содержания гумуса с суммой поглощенных оснований (0,83±0,15), с содержанием подвижного P_2O_5 (0,95±0,09) и обменного K_2O (0,98±0,05). Выявлены высокие связи суммы поглощенных оснований с содержанием подвижного фосфора (0,90±0,12) и обменного калия (0,85±0,14). Между подвижными формами P_2O_5 и K_2O, также обнаружена сильная корреляция (0,96±0,08).

Выводы

1. Под влиянием длительного различного сельскохозяйственного использования в профиле каштановых почв формируются следующие генетические горизонты: $А_{пах}$, АВ, В1, $В2_к$, $ВС_к$, $С_к$. Основные морфологические изменения при этом характерны для мощности гумусового слоя и уровня залегания карбонатов. Наибольшие их значения отмечены под залежью. В почве бессменного пара карбонаты подтягиваются к поверхности, и карбонатный слой становится более концентрированным.

2. Вывод пашни в залежь восстанавливает потенциальное плодородие каштановой почвы, тогда как бессменное парование ведет к ухудшению агрохимических свойств почвы. Между агрохимическими показателями вариантов опыта: содержанием гумуса, суммой поглощенных оснований, количеством подвижных форм фосфора и калия существуют тесные корреляционные связи, что наиболее адекватно и достоверно объясняет полученные изменения в результате различного 29-летнего сельскохозяйственного использования каштановой почвы.

Литература

1. Научные основы систем земледелия Бурятии / *В. Б. Бохиев и др.*. Улан-Удэ : Изд-во БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2008. 480 с.

2. Антропогенные почвы. Генезис, география, рекультивация / *М. И. Герасимова и др.* М. : Ойкумена, 2003. 270 с.

3. *Дмитриев Е. А.* Математическая статистика в почвоведении. М. : Либроком, 2009. 328 с.

4. *Ишигенов И. А.* Агрономическая характеристика почв Бурятской АССР. Улан-Удэ: Бур.кн. изд-во, 1972. 210 с.

5. *Караваева Н. А.* Агрогенные почвы: условия среды, процессы, свойства // Почвоведение. 2005. № 12. С.1518-1529.

6. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 225 с.

7. *Ковда В. А*. Биогеохимия почвенного покрова. М. : Наука, 1985. 263 с.

8. *Муха В. Д.* Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности). М. : КолосС, 2004. 271 с.

9. Полевой определитель почв России. М. : Почвенный ин-ут им. В. В. Докучаева, 2008. 82 с.

10. *Семендяева В. Н.* Влияние сельскохозяйственного использования на свойства почв Западной Сибири. Новосибирск, 2011. 168 с.

11. *Уланов А. К., Будажапов Л. В.* Изменение гумусного состояния каштановой почвы в результате длительного антропогенного воздействия в сухой степи Бурятии // Агрохимический вестник. 2016. № 3. С. 2-7.

12. *Цыбжитов Ц. Х., Цыбикдоржиев Ц. Ц., Цыбжитов А. Ц.* Почвы бассейна озера Байкал. Т. 1. Генезис, география и классификация каштановых почв. Новосибирск : Наука., 1999. 127 с.

13. *Чимитдоржиева Г. Д.* Органическое вещество холодных почв. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. 388 с.

УДК 553.69:631.812

ГЛАУКОНИТОВЫЕ ПЕСКИ ВЯТСКО-КАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, А. В. Сазанов
Вятский государственный университет, г. Киров,
nvms1956@mail.ru, va_kozvonin@vyatsu.ru, usr11759@vyatsu.ru

Тонкоизмельченные хвосты (эфеля) Верхнекамского фосфоритного рудника могут быть использованы в качестве перспективного материала для повышения плодородия пахотных земель Кировской области. В ходе лабораторных экспериментов установлено, что внесение эфелей в почву способствует снижению ее кислотности и улучшению минерального питания растений. Химический состав эфелей свидетельствует о том, что этот отход может быть использован как в качестве самостоятельного материала для улучшения плодородия почв, так и в качестве компонента в составе минеральных удобрений.

Ключевые слова: Верхнекамский фосфоритный рудник, кварцево-глауконитовый песок, химический состав эфелей.

Введение

Разработка месторождений фосфоритов и повышение производительности агропромышленного комплекса включены в число приоритетных направлений развития Кировской области, определенных Стратегией социально-экономического развития до 2020 года. Оба направления тесно связаны между собой, поскольку фосфоритная мука, получаемая при размоле фосфоритов, является ценным фосфорным удобрением, пригодным для использования на большей части пахотных земель Кировской области. Следует отметить, что агрохимическую ценность представляет не только фосфоритная мука, но и основной отход добычи и переработки фосфоритов – кварцево-глауконитовый песок, в котором залегают желваковые фосфориты. Кварцево-глауконитовый песок удаляется в процессе переработки руды и складируется в хвостохранилище. В настоящее время в хвостохранилище Верхнекамского фосфоритного рудника, эксплуатируемого с 1980 года, накоплено порядка 24 миллионов тонн отвальных тонкоизмельченных хвостов (эфелей), которые не находят практического применения. Важнейшим компонентом этого отхода является глауконит.

Глауконит представляет собой сложный калийсодержащий водный алюмосиликат слоистого строения. Химический состав глауконитов различных месторождений варьируется в широких пределах. Общую формулу минерала можно представить следующим образом [10]:

$$(K, Na, Ca)_{\leq 1,0}\ (Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg, Mn, Li, Ti)_{\approx 2,0} \cdot Si_{3,5}Al_{0,5} \cdot O_{12-x}\ (OH, F, Cl)_x \cdot nH_2O$$

Особенности химического состава и строения минерала оказывают существенное влияние на его свойства.

Многочисленными исследованиями установлено, что глауконит характеризуется богатым элементным составом, хорошей термостойкостью, проявляет высокую сорбционную активность (в том числе по отношению к радиоактивным изотопам ^{137}Cs, ^{90}Sr и нефтепродуктам) и выраженную способность к ионному обмену, благодаря чему может быть с успехом использован в разных сферах промышленного производства и сельского хозяйства. Относительно однородная зернистая структура облегчает использование этого материала в качестве сорбента или мелиоранта.

В ряде исследований показано, что кварцево-глауконититовый песок может применяться для рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами, нефтепродуктами, радионуклидами и другими токсичными веществами [7, 9].

Благодаря относительно высокому содержанию калия, фосфора и некоторых микроэлементов (Mn, Cu, Mo, Co, B и др.) породы с высоким содержанием глауконита могут

быть использованы в качестве натурального минерального удобрения. Установлено, что внесение глауконита в почву приводит к существенному повышению плодородия [1, 8, 11, 13, 16], а применение этого минерала в качестве кормовой добавки способствует увеличению продуктивности сельскохозяйственных животных [3, 6]. Перспективы, открывающиеся при практическом использовании глауконита, обуславливают существенный интерес к всестороннему исследованию этого минерала.

Глауконит не образует крупных мономинеральных скоплений и встречается в природе в виде смеси с другими минералами. Содержание глауконита в породах редко превышает 50%. Практическое значение в качестве агроруды представляют кварцево-глауконитовые пески, содержащие не менее 40% глауконита [12]. Эфеля (хвосты обогащения) Верхнекамского фосфоритного рудника соответствуют этому требованию, поскольку содержание глауконита в них в среднем составляет 46%. Кроме глауконита эфеля содержат фосфориты мелких фракций (в среднем 5% в пересчете на P_2O_5) и известковые компоненты, способствующие снижению кислотности почв.

Цель исследования заключалась в определении химического состава отвальных тонкоизмельченных хвостов Верхнекамского фосфоритного рудника и выявлении их влияния на химический состав агрозема (в условиях лабораторного эксперимента).

Объекты и методы

В качестве объекта исследования использовались образцы эфеля, отобранные на территории хвостохранилища Верхнекамского фосфоритного рудника в 2015-2016 гг. Содержание глауконита в отобранных образцах в среднем составляло 46,5%. Кварцево-глауконитовый эфель представлял собой тяжелый порошок темно-серого цвета с размером частиц менее 1 мм. Истинная плотность – 2400…2600 кг/м^3, насыпная – 1,8…1,9 г/см^3.

Исследования образцов эфелей, выполнялись на кафедре фундаментальной химии и методики обучения химии ВятГУ.

Определение элементного состава кварцево-глауконитового песка (эфеля) проводилось масс-спектральным методом с индуктивно-связанной плазмой (МС), а также атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой (АЭ). Для выполнения исследований использовалась объединенная проба, подготовленная для анализа согласно РД 52.18.156-99.

Определение тяжелых металлов в образцах почвы выполнялось методом атомно-абсорционной спектрометрии, согласно ФР.1.31.2012.13573.

Каталазная активность определялась газиметрическим методом по Хазиеву [15].

Определение истинной и насыпной плотности проводилось по ГОСТ 8735-88.

Изучение влияния кварцево-глауконитового песка Вятско-Камского месторождения на pH, а также содержание нитратов, фосфора и калия в почве выполнялось в лабораторных условиях. Для проведения эксперимента использовались образцы грунта (агрозема), отобранные с глубины 5–20 см. Грунт высушивали на воздухе до постоянной массы и просеивали через металлическое сито, с размером ячеек – 2х2 мм.

Навески грунта массой 1,0 кг с соответствующими добавками помещали в открытые пластиковые контейнеры. Толщина слоя грунта в контейнере составляла 8 см. В качестве источников азота, фосфора и калия использовались кристаллические NH_4NO_3 и KH_2PO_4 квалификации ХЧ. Добавки растворялись в воде и перемешивались с грунтом с помощью лабораторного смесителя. Грунт в контейнерах увлажнялся дистиллированной водой до влажности 60%. Содержание влаги в ходе эксперимента поддерживалось на постоянном уровне (при снижении массы грунта на 5% в контейнер с помощью пульверизатора добавлялась вода). Грунт выдерживался в лаборатории при температуре 20–23^{o}C. Общее время эксперимента составило 10 недель.

Эксперимент проводился в 3-х повторностях. Полученные результаты подвергались статистической обработке в программе «Microsoft Excel».

В табл. 1 приведены общие агрохимические характеристики грунта (агрозема), используемого для проведения эксперимента.

Состав образцов грунта (агрозема), используемых для проведения эксперимента:

1 – контрольный образец (агрозем без добавок);

2 – добавка кварцево-глауконитового песка (эфеля) 0,5% от массы агрозема;

3 – добавка кварцево-глауконитового песка (эфеля) 0,5%; NH_4NO_3 и KH_2PO_4 по 0,03% от массы агрозема;

4 – добавка NH_4NO_3 и KH_2PO_4 по 0,03% от массы агрозема.

Обсуждение результатов

В ходе эксперимента установлен следующий состав глауконитсодержащего эфеля Верхнекамского фосфоритного рудника (% масс.):

Al_2O_3 – 2,3
MgO – 0,9
K_2O – 1,4
Fe_2O_3 – 4,1
Na_2O – 0,8
MnO – 0,2
SiO_2 – 49,3
CaO – 41 (примерно)

Таблица 1

Агрохимические характеристики грунта (агрозема)

Показатели, размерность	Значение	Метод анализа
$pH_{KCl.}$, ед. pH	4,5±0,1	ГОСТ 26483-85
P_2O_5 (подв.), мг/кг	186,0±10,1	ГОСТ 54650-2011
K_2O (подв.), мг/кг	126±8,5	ГОСТ 54650-2011
Нитраты, мг/кг	42,7±4,2	ГОСТ 26951-86
Орг. в-во, %	5,8±0,25	ГОСТ 26213-91
Гумус, %	4,4±0,23	ГОСТ 26213-91(метод И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО)
Гранулометрический состав	Легкий суглинок	ГОСТ 12536-2014

Кроме основных элементов в составе эфеля обнаружены такие важные для нормального развития растений микроэлементы (мг/кг), как Cu – 12; Zn – 65; Co – 35; Cr – 33; Mo – 2,6.

Содержание токсичных элементов (I класс токсичности) в анализируемых пробах составило (мг/кг): Cd – 0,33; As – 23; Pb – 11.

Погрешность определений соответствует нормам погрешности при определении химического состава по III категории точности (рядовой химический анализ) ОСТ 41-08-212-04.

Полученные данные свидетельствуют о том, что внесение верхнекамских эфелей в почву может способствовать улучшению минерального питания растений. Это особенно важно для почв Кировской области, характеризующихся низкой обеспеченностью основными микроэлементами. По данным ФГБУ ГЦ агрохимической службы «Кировский», площади почв с недостаточным (низким и средним) содержанием молибдена и кобальта составляют 100%, цинка – 99%, бора – 76,0%, меди – 52,4%, марганца – 50,8%.

Определенную экологическую опасность может представлять содержащийся в эфеле мышьяк. Согласно ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» ПДК этого элемента в почвах составляет 2 мг/кг (с учетом фона). Между тем, кларк мышьяка в почвах мира составляет 5 мг/кг (по А. П. Виноградову), а для почв США – 6,5 [4, 5].

Нормативы содержания мышьяка в минеральных удобрениях устанавливаются Техническим регламентом «Минеральные удобрения. Основные требования» [14]. Согласно этому документу, масса мышьяка в удобрении не должна превышать 5 мг/кг. Таким образом, содержание мышьяка в эфелях превышает ПДК в почвах более чем в 10 раз, и ПДК в минеральных удобрениях более чем в 4 раза. Следует отметить, что повышенное содержание мышьяка в почвах Кировской области можно считать геохимической особенностью региона. Превышение ПДК по содержанию мышьяка установлено в почвах всех районов области, в которых проводятся мониторинговые исследования. Наиболее значительное содержание мышьяка установлено для почв Котельничского, Орловского, Яранского районов и г. Кирова (превышение ПДК отмечается в 1,2–7 раз) [2].

Для решения вопроса о том, представляет ли опасность эфель в плане загрязнения почв мышьяком, требуются дополнительные исследования. Глауконитсодержащий эфель является сложным многокомпонентным материалом. Необходимо установить, в какой форме концентрируется мышьяк в этом отходе. Известно, что мышьяк способен к хемосорбции на карбонатах. Возможно, что очистка глауконита от примесных компонентов будет способствовать снижению содержания мышьяка в основном материале.

В табл. 3 представлены данные, характеризующие влияние эфеля на химический состав и каталазную активность агрозема.

Согласно полученным результатам, в образцах агрозема без добавки эфеля (варианты 1 и 4) кислотность (pH_{KCl}) за время эксперимента существенно увеличилась. Основной причиной увеличения кислотности может являться деятельность почвенных микроорганизмов.

Таблица 3

Влияние эфеля на состав и свойства агрозема

Показатель	Контроль (вариант 1)		Добавка кварцево-глауконитового песка (эфеля) 0,5% от массы почвы (вариант 2)		Добавка кварцево-глауконитового песка (эфеля) 0,5%; NH_4NO_3 и KH_2PO_4 по 0,03% от массы грунта (вариант 3)		Добавка NH_4NO_3 и KH_2PO_4 по 0,03% от массы грунта (вариант 4)	
	Начало эксперимента	Окончание эксперимента	Начало эксперимента	Окончание эксперимента	Начало эксперимента	Окончание эксперимента	Начало эксперимента	Окончание эксперимента
pH_{KCl}, ед. pH	4,5 ±0,1	3,5 ±0,12	4,6 ±0,16	5,0 ±0,1	4,6 ±0,12	4,2 ±0,17	4,6 ±0,16	3,6 ±0,1
P_2O_5 (подв.), мг/кг	186,0 ±6,3	192 ±12,68	201 ±13,52	250 ±10,27	220 ±8,04	380 ±11,58	211 ±8,17	238 ±8,2
K_2O (подв.), мг/кг	126 ±5,7	120 ±7,4	124 ±6,53	120 ±6,8	155 ±8,7	135 ±8,17	158 ±9,39	130 ±6,02
Нитраты, мг/кг	42,7 ±1,07	39,0 ±4,18	42,4 ±1,2	56,4 ±3,67	140,5 ±10,1	164,8 ±9,2	126,8 ±8,4	102,5 ±6,9
Каталазная активность, мл O_2 за 1 мин	1,9±0,2	1,4±0,1	1,6±0,2	2,2±0,4	1,6±0,2	1,9±0,2	1,4±0,1	1,7±0,2

В присутствии эфеля закисления агрозема не наблюдалось. Данный эффект может быть обусловлен связыванием почвенных кислот фосфоритами и известковыми компонентами, входящими в состав кварцево-глауконитового песка:

$2CaCO_3 + 2H^+ = Ca(HCO_3)_2 + Ca^{2+}$

Совместное внесение в агрозем минеральных солей (NPK) и эфеля привело к меньшему снижению pH_{KCl}, чем внесение NPK. Установленный факт может представлять большой практический интерес для агрохимии, поскольку включение в состав комплексных минеральных удобрений глауконитовой добавки может снизить подкисляющее действие минеральных удобрений на почвы.

Согласно полученным данным, внесение в почву эфеля приводит к увеличению содержания подвижного фосфора. В контрольном варианте содержание подвижного P также несколько увеличилось. Некоторое увеличение содержания подвижного фосфора в контрольном образце агрозема может быть обусловлено переходом нерастворимых почвенных фосфатов в более растворимую (подвижную) форму в результате подкисления почвенного раствора:

$Ca_3PO_4 + H^+ = Ca_2HPO_4 + 1/2Ca^{2+}$

Больше всего содержание подвижных фосфатов увеличилось при совместном внесении в почву эфеля и фосфорных удобрений. Установленный факт свидетельствует о том, что внесение глауконитовых материалов в почву может способствовать существенному улучшению фосфорного питания растений.

Внесение эфеля в почву способствует не только улучшению фосфорного питания растений, но и повышению содержания в почвах калия. Источником калия является глауконит, содержание K_2O в котором составляет 1,4%.

Особенно заметное влияние эфеля на содержание в образцах почвы N, P и K проявляется в первую неделю после внесения добавки в грунт. Постепенно содержание подвижных форм основных элементов питания уменьшается, однако, в присутствии эфеля подвижность фосфора, калия и содержание азота остается на более высоком уровне, чем без соответствующей добавки.

В ходе экспериментов установлено, что добавка эфеля оказывает существенное влияние не только на минеральный состав агрозема, но и на его каталазную активность. Каталазная активность является одним из показателей ферментной активности почвы, этот показатель считается достаточно устойчивым и информативным при энзимологической диагностике почвенных разностей. В присутствии глауконитов каталазная активность грунта возрастает, что свидетельствует о стимулирующем влиянии этого минерала на биологические процессы, протекающие в почвенных системах. Увеличение каталазной активность в присутствии эфеля может быть обусловлено наличием в этом материале калия, фосфора, комплекса микроэлементов, а также регулирующим действием на кислотность почвенного раствора (повышение pH_{KCl}).

Выводы

Химический состав эфелей Верхнекамского фосфоритного рудника, свидетельствует о том, что этот отход может быть использован как в качестве самостоятельного материала для улучшения плодородия почв, так и в качестве компонента в составе минеральных удобрений.

Внесение эфеля в почву способствует снижению ее кислотности и увеличению содержания подвижных форм калия, фосфора и ряда микроэлементов.

Глауконитсодержащие отходы Верхнекамского фосфоритного рудника являются перспективным объектом для дальнейшего изучения. Особый интерес могут представлять исследования совместного использования эфеля в композиции с минеральными и органическими удобрениями.

Литература

1. Changes in the properties and productivity of leached chernozem and gray forest soil under the impact of ameliorants / *A. K. Yapparov etc.* // Eurasian Soil Science. 2015. V. 48, I.10. P. 1149–1158.

2. Мониторинг качества почвы в Кировской области / *Е. А. Белоусова* // Обращение с отходами: проблемы и пути их решения : материалы науч.-практ. конф. Киров, 2014. URL: http://www.herzenlib.ru/ludiimusor/materials/detail.php?CODE=materials_belousova. (дата обращения 09.11.2017)

3. *Богатов В. И., Мотовилов К. Я., Спешилова М. Т.* Функции природных минералов в обменных процессах сельскохозяйственной птицы // Сельскохозяйственная биология. 1989. № 7. С. 98–103.

4. *Виноградов Б. В.* Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // Изв. РАН. Серия географическая. 1993. № 5. С. 13–27.

5. *Водяницкий Ю. Н.* Хром и мышьяк в загрязненных почвах. Обзор литературы // Почвоведение. 2009. № 5. С. 551–559.

6. *Волков М. Ю., Дрель И. В., Овчинников А. А.* Оценка влияния природного алюмосиликата глауконита на перевариваемость и использование питательных веществ рациона жвачных животных // Ветеринарная медицина. Серия физиология. 2010. Вып. 2. С. 26–28.

7. *Колодницкая Н. В.* Использование экологически безопасного препарата для усиления мер по восстановлению загрязненных почв. // Вестник Воронежск. гос. ун-та. Серия: География. Геоэкология. 2011. № 2. С. 132-138.

8. *Левченко М. Л.* Состояние сырьевой базы и возможности использования глауконитов в России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2008. № 2. С. 27-31.

9. Предотвращение загрязнения подземных вод путем создания искусственных биогеохимических барьеров / *Г. К. Лобачева и др.* // Вестник ВолГУ. Серия 11. Естественные науки. 2012. № 1 (3). С. 48-57

10. *Николаева И. В.* Минералы группы глауконита в осадочных формациях. Новосибирск: Наука, 1977. 321 с.

11. *Пындак, В. И. Новиков А. Е.* Природные мелиоранты на основе кремнезёмов и глинозёмов // Известия Нижневолжск. агроуниверситетского комплекса. 2015. № 2. С. 76-37.

12. О возможности использования в сельском хозяйстве глауконита из пород Бакчарского месторождения (Западная Сибирь) / *М. А. Рудмин и др.* // Известия Томского политехнич. ун-та. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327. № 11. С. 6–16.

13. *Сырчина Н. В., Мелентьева И. А.* Перспективы применения глауконитовых песков Вятско-Камского месторождения для восстановления плодородия пахотных земель Кировской области // Интеллектуальный и научный потенциал современной науки : сб. статей по материалам междунар. науч.-практ. конф. Киров, 2017. С. 137-140.

14. Технический регламент «Минеральные удобрения. Основные требования»: утв. Постановлением Правительства республики Молдова № 268 от 26.04.2012. URL: http://lex.justice.md/viewdoc.php?action=view&view=doc&id=343109&lang=2 (дата обращения 09.11.2017)

15. *Хазиев, Ф. Х.* Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М. : Наука, 1982. 204 с.

16. *Яковлева Е. А., Бакалов А. Н.* Глауконит как потенциальное местное удобрение на Кубани // Научный журнал КубГАУ = Scientific Journal of KubSAU. 2012. № 82. С. 622-631.

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И БУДУЩЕЕ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

УДК 631.453:504.064: 632.95

ДИХЛОРДИФЕНИЛТРИХЛОРЭТАН В ПОЧВАХ МОСКВЫ

Г. И. Агапкина
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва,
Galina_agapkina@mail.ru
Е. С. Бродский, А. А. Шелепчиков
Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва,
eco-analit@mail.ru

Приведены данные о содержании дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) и его метаболитов (ДДЕ и ДДД) в поверхностных слоях почв разных функциональных зон Москвы. Рассмотрено распределение данных экотоксикантов в профиле урбанозема в дендропарке Ботанического сада МГУ им. М. В. Ломоносова. Проведено сравнение полученных данных с аналогичными показателями для городских почв Европы и Азии. Оценен уровень загрязнения почв Москвы пестицидом на основе отечественных санитарно-гигиегических норм.

Ключевые слова: урбоэкосистема, загрязнение почв, почвы Москвы, дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и его метаболиты.

Введение

Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) является одним из наиболее опасных хлорорганических пестицидов (ХОП), применение которого с середины прошлого века для борьбы с вредными насекомыми привело к серьезному загрязнению на долгие годы значительных территорий многих стран и негативным последствиям для человека и окружающей среды [6, 7, 16]. Это обусловлено исключительно высокой устойчивостью пестицида и его метаболитов дихлордифенилдихлорэтилена (ДДЕ) и дихлордифенилдихлорэтана (ДДД), опасными формами их токсического действия, способностью к трансграничному переносу и накоплению в больших количествах в жировых тканях млекопитающих, рыб, птиц и других представителей биоты. Так, период полного исчезновения этих экотоксикантов в почве составляет от десятков до сотен лет в зависимости от почвенно-климатических условий [2, 8]. ДДТ проявляет умеренную острую токсичность для млекопитающих, а в организме человека обладает эстрогеноподобной и возможной канцерогенной активностью [9, 12, 16, 19]. Эмбриотоксическое и тератогенное действие ДДТ на птиц (особенно хищных), рыб и земноводных привело к серьезным нарушениям в экосистемах, таким как резкое сокращению численности или полное исчезновение на отдельных территориях некоторых видов этих представителей биоты [16, 19]. В 2001 г. Стокгольмской конвенцией по стойким органическим загрязнителям (СОЗ) ДДТ был включен в перечень токсикантов, запрещенных к производству и применению и подлежащих утилизации [12, 14]. В 2011 г. данная конвенция была ратифицирована в РФ [15]. У нас в стране запрет на массовое применение ДДТ был введен в 1970 году, за исключением использования при борьбе с малярией и клещевым энцефалитом [9, 16]. Однако ДДТ фактически применяли до конца 80-х гг. прошлого века, включая коммунальное и парковое хозяйство городов. Об этом свидетельствуют рекомендации санитарных служб по обработке препаратами этого пестицида территорий населенных пунктов [1, 10].

В экосистемах депонирующей средой для ДДТ является почва. Особый интерес представляет информация о загрязнении ДДТ почвенного покрова городов, экологическое

состояние которых непосредственно влияет на здоровье и благополучие населения. Следует отметить, что если поступление ДДТ в организм человека из почв сельхозугодий связано преимущественно с пищевой цепью, то загрязнение городских почв этим пестицидом может оказывать воздействие на жителей в результате ингаляции почвенных частиц, их случайного заглатывания или контакта с кожными покровами. При этом мишенью пестицида могут быть не только люди, но и другие обитатели городской среды (домашние животные, птицы, рыбы, насекомые, микроорганизмы) [16]. По литературным данным, в настоящее время присутствие ДДТ отмечается в городских почвах по всему миру [21–24, 26, 30–33, 35–37, 40–42]. Однако вопрос о загрязнении этим пестицидом городских почв в РФ изучен мало. Например, в ежегодных докладах и аналитических отчетах о состоянии окружающей среды в РФ основное внимание уделяется мониторингу ХОП в почвах сельхозугодий, отдельных лесных массивов, зон отдыха, мест хранения и захоронения пестицидов, а также фоновых территорий (биосферные заповедники) [4, 11]. Согласно ежегодным докладам о состоянии окружающей среды в городе Москве, ХОП не входят в систему мониторинга органических загрязнителей в почве [5].

В данной работе рассмотрено содержание и распределение ДДТ и его метаболитов ДДЕ и ДДТ в почвах разных функциональных зон Москвы и оценен уровень загрязнения почвы этим пестицидом на основе отечественных норм.

Объекты и методы

Объектами исследования были поверхностные слои (0–5 см) почв, образцы которых отбирались в 40 точках разных функциональных зон Москвы: промышленная (n=7), селитебно-транспортная (n=5), парково-рекреационная (n=12), селитебная (включая территорию детских садов и школ) (n=13), резерва (n=2), кладбище (n=1). Кроме того, отдельно были рассмотрены почвы дворов детских садов и школ (n=4), которые располагались в селитебной зоне города. Выделение их в особую группу объяснялось повышенным вниманием со стороны санитарных органов к почвенному покрову территорий детских учреждений в населенных пунктах РФ [13].

Почвенные разности были представлены естественно-антропогенными поверхностно-преобразованными почвами (урбопочвы) (преимущественно в парково-рекреационной зоне), антропогенными глубокопреобразованными почвами на культурном слое или грунтах различного происхождения (урбаноземы) (распространены в промышленной, селитебной, селитебно-транспортной зоне) и искусственно созданными поверхностно-гумифицированными почвоподобными образованиями (почвогрунты, урбанотехноземы) (на газонах в селитебных зонах новостроек, в некоторых парках и промзонах) [18]. Некоторые характеристики исследованных нами городских почв приведены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание органического вещества и значение pH в почвах Москвы

Слой, см	Почвенная характеристика	Среднее	Минимум	Максимум	Медиана	Коэффициент вариации, %
0-5	Сорг., %	3,27	1,32	5,12	3,03	0,32
	pH	7,7	6,5	8,2	7,8	0,06
5-20	Сорг., %	5,68	2,80	7,85	5,94	0,28
	pH	7,4	6,4	7,7	7,6	0,06

Вертикальное распределение ДДТ и его метаболитов в почвенном профиле было изучено на примере урбанозема среднемощного среднегумусного легкосуглинистого, сформированного на погребенной урбо-дерново-подзолистой почве. Разрез был заложен на территории дендропарка Ботанического сада МГУ им. М. В. Ломоносова. Почвенный профиль был представлен горизонтами Au (0–10 см) – U (10–57 см) – [A] (57–65 см).

Анализ почвенных проб на содержание п,п'- и о,п'-изомеров ДДТ, ДДЕ и ДДД проводили на хромато-масс-спектрометрической системе, состоящей из газового хроматографа Hewlett Packard HP 6890 Plus и масс-спектрометра высокого разрешения Finnigan MAT 95XP, при разрешении около 10000 с использованием метода изотопного разбавления [17].

Обсуждение результатов

В таблицах 2 и 3 приведены данные о содержании ДДТ и его метаболитов в почвах Москвы в целом (в расчете на всю территорию города) и в почвах ее отдельных функциональных зон. Сравнение остаточного количества ДДТ в почвах Москвы с аналогичными показателями для фоновых территорий показывает, что оно превосходит последние от нескольких раз до двух порядков. Например, содержание пестицида (мкг/кг) в почвах Приокско-Террасного биосферного заповедника РФ изменяется в интервале 0,5–70,8 (2013-2015 гг.) при среднем значении 34,2/1,2 (2013 г./2015 г.) [11], в почвах района высокогорных озер в Европе (гор. Татры и гор. Пиренеи) – в интервале 1,7–13 [27], в почвах гор. Тибета (Китай) – от предела определения до 2,83 [25] или характеризуется средним значением 0,467±0,741 [34].

Таблица 2

Содержание изомеров ДДТ и его метаболитов в поверхностных слоях почв Москвы (в расчете на всю территорию города)

Соединение	Среднее значение	Мини-мум	Максимум	Стандарт-ное отклонение	Медиана	Среднее геомет-рическое	Коэффи-циент вариации
мкг/кг							%
о,п'-ДДЕ	1,45	0,07	16,46	3,04	0,45	0,54	209,7
п,п'-ДДЕ	19,32	0,10	298,7	48,95	4,66	5,22	253,4
ДДЕ=о,п'-ДДЕ+ п,п'-ДДЕ	20,77	0,19	301,5	49,82	5,16	6,08	239,9
о,п'-ДДД	7,88	0,13	74,28	14,43	2,91	2,66	183,1
п,п'-ДДД	19,31	0,24	126,0	28,65	6,82	6,38	148,4
ДДД=о,п'-ДДД+ п,п'-ДДД	27,19	0,41	200,3	40,89	9,95	9,53	150,4
о,п'-ДДТ	9,56	0,08	90,86	18,47	1,86	2,72	193,2
п,п'-ДДТ	101,4	0,79	1076	227,9	17,90	26,62	224,8
ДДТ=о,п'-ДДТ+ п,п'-ДДТ	110,9	0,87	1167	245,7	19,84	29,60	221,6
ДДТ+ДДЕ+ДДД	158,9	2,22	1440	314,1	42,53	50,62	197,7

Содержание суммы ДДТ и его метаболитов в почвах Москвы выше, чем в почвах (мкг/кг) урбоэкосистем Бельгии (0,6–22,4; 6,8±6,7), Италии (1,8–60,4; 26,2±20,8), Греции (24,1) [22], а также Эстонии (0,07–8,47) [30]. Так, в Эстонии этот пестицид не применялся с 1971 года, и в 2000-х гг. его остаточное количество в почве снизилось практически до фоновых уровней. Вместе с тем в целом содержание ДДТ и его метаболитов в почвах Москвы лежит в пределах, характерных для почв городских территорий стран Восточной Европы и Китая. Например, в городских почвах Польши суммарное содержание ДДТ и его метаболитов (мкг/кг) находится в пределах 4,3–2400 (при среднем значении 260±620) (Краков) и 23–260 (при среднем значении 110±89) (Катовице) [24]. В почвах урбоэкосистем Румынии аналогичные показатели (мкг/кг) характеризуются интервалом 3,5–561,4 (при среднем значении 96,0±126) [22] или средним значением 113±151,8 [21]. В городских

почвах Китая содержание ДДТ+ДДЕ+ДДД (мкг/кг) находится в интервале 0,8–2179 (при среднем значении 110±291, среднем геометрическом 38) (Пекин) [32], 0,03–1282,58 (при среднем значении 68,14±189,46) (Пекин, разные функциональные зоны) [37], 0,410–1068 (при среднем значении 92,1, медиане 2,24) (Иньчуань) [35], 0,7–972,2 (при среднем значении 56,0±133,5, среднем геометрическом 11,7) (Тяньцзинь) [26]. При этом следует отметить, что загрязнение почвенного покрова Москвы на два порядка ниже, чем загрязнение почв урбоэкосистем Европы и Азии, находящихся непосредственно в зоне влияния промышленных предприятий [23; 41]. Суммарное содержание ДДТ и его метаболитов в почвах Москвы также на порядок ниже, чем в почвах населенных мест Индии, где интервал варьирования этого показателя (мкг/кг) составляет 181–1811 (при среднем значении, 822±435; медиане 716) (округ Нагаон) и 172–1833 (при среднем значении 670±404; медиане 553) (округ Дибругарх) [33]. Запрет на использование ДДТ в сельскохозяйственном секторе в Индии был введен в 1989 г. [29], а в Китае – в 1983 г. [32]. Вместе с тем повышенное содержание ХОП в почвах этих стран объясняется тем, что они до сих пор являются производителями ДДТ [33]. В соответствии со специальным соглашением в рамках Стокгольмской конвенции о СОЗ на территории этих стран ДДТ может официально применяться для контроля за переносчиками инфекционных заболеваний, а также для экспорта в другие страны с той же целью [12, 29]. Кроме того, есть основания полагать, что ХОП могут нелегально применяться в их фермерских хозяйствах [33].

Таблица 3

Содержание ДДТ и его метаболитов в почвах разных функциональных зон Москвы

Территория города (зона)	Среднее значение	Мини-мум	Макси-мум	Размах	Стандартное отклонение	Медиана	Коэффи-циент вариации
	мкг/кг						%
ДДТ							
Промышленная	134,4	12,90	487,9	475,0	195,8	33,80	145,7
Селитебно-транспортная	291,1	19,04	1167	1148	490,7	93,80	168,6
Парково-рекреационная	100,2	2,81	993,8	991,0	281,9	14,06	281,3
Селитебная	68,74	0,87	508,8	507,9	142,1	15,91	206,7
Резерва	70,01	38,52	101,51	62,99	44,54	70,01	63,6
Кладбище	5,58	-	-	-	-	-	-
Дворы детских садов и школ	41,46	6,47	133,6	127,1	77,38	12,90	186,6
ДДЕ							
Промышленная	11,91	1,19	58,74	57,55	20,79	3,63	174,6
Селитебно-транспортная	42,84	2,13	87,08	84,95	38,35	44,64	89,5
Парково-рекреационная	30,86	0,19	301,5	301,3	85,50	4,23	277,1
Селитебная	9,25	0,95	39,38	38,43	11,89	4,81	128,5
Резерва	10,74	8,65	12,83	4,18	2,95	10,74	27,5
Кладбище	3,49	-	-	-	-	-	-
Дворы детских садов и школ	8,45	0,97	26,89	25,92	12,43	2,96	147,1
ДДД							
Промышленная	36,64	6,13	120,8	114,7	42,03	15,83	114,7
Селитебно-транспортная	72,91	5,32	200,3	195,0	78,21	53,67	107,3

Территория города (зона)	Среднее значение	Мини-мум	Макси-мум	Размах	Стандартное отклонение	Медиана	Коэффи-циент вариации
	мкг/кг						%
Парково-рекреационная	12,13	0,75	51,52	50,77	16,68	3,98	137,5
Селитебная	19,01	0,41	105,1	104,7	30,28	5,84	159,3
Резерва	40,68	17,61	63,75	46,14	32.63	40,68	63,6
Кладбище	0,76	-	-	-	-	-	-
Дворы детских садов и школ	5,87	0,89	10,93	10,04	4,37	5,84	74,4
ДДТ+ДДЕ+ДДД							
Промышленная	183,0	23,08	529,5	506,4	234,5	48,57	128,1
Селитебно-транспортная	406,8	26,49	1441	1415	585,4	164,1	143,9
Парково-рекреационная	143,1	3,78	1347	1343	380,1	22,92	265,6
Селитебная	97,00	2,22	653,2	651,0	182,1	23,51	187,7
Резерва	121,43	110,92	131,94	21,02	14,87	121,43	12,2
Кладбище	9,84	-	-	-	-	-	-
Дворы детских садов и школ	55,78	12,27	171,4	159,1	77,38	19,73	138,7

Содержание изомеров пестицида и его метаболитов в почвах Москвы уменьшается в следующей последовательности на всей территории города (табл. 2), а также в отдельных функциональных зонах:

п,п'-ДДТ > п,п'-ДДД ≥ п,п'-ДДЕ > о,п'-ДДД ≥ о,п'-ДДТ> о,п'-ДДЕ.

Эти результаты согласуются с данными других авторов, отмечавших доминирование п,п'-ДДТ среди указанных соединений в почвах городских территорий Польши [24], а также сельхозугодий Алабамы (США) [28] и Индии [29, 33]. Наоборот, в природных экосистемах, агроэкосистемах и урбоэкосистемах Гонг-Конга [39] и Эстонии [30], а также в некоторых агроэкосистемах Китая [40] основной вклад в загрязнение почв вносит п,п'-ДДЕ.

Нами было установлено, что распределение ДДТ и его метаболитов в почвах Москвы не описывается нормальным или логнормальным законом. Данные других авторов подтверждают, что распределение ДДТ в почвах может в одних случаях описываться нормальным законом [31, 38] или логнормальным законом [28, 40, 42], а в других случаях не подчиняется им [33].

Расчет коэффициентов корреляции по Спирмену выявил значимую положительную корреляцию между содержанием ДДТ и его метаболитов в почвах Москвы ($r=0,72–0,74$; $\alpha=0,05$). Это свидетельствует в пользу того, что метаболиты ДДД и ДДЕ образовались из внесенного ДДТ. Рядом авторов отмечалась связь содержания ДДТ и его метаболитов в почве с ее свойствами. Так, наблюдалась значимая положительная корреляция между уровнем загрязнения почв ДДТ и содержанием органического вещества или значением pH [33, 38]. Вместе с тем, в других случаях подобная связь содержания ДДТ (и его метаболитов) в почве с почвенными характеристиками не была выявлена [39, 42]. В почвах Москвы значимая корреляционная связь содержания ДДТ и его метаболитов с величиной pH и содержанием органического вещества не наблюдалась. Исключение составлял только метаболит ДДД, для которого коэффициент корреляции с содержанием органического вещества был значим ($r=0,66$; $\alpha=0,05$).

По литературным данным, содержание и особенности пространственного распределения ДДТ в почве в большей мере определяются антропогенными факторами (характером использования почв и историей применения ДДТ на данной территории), чем почвенными характеристиками [22, 24, 28, 31, 38, 39, 42]. В связи с этим в настоящей работе

было изучено влияние функционального назначения территории города на загрязнение ее почвенного покрова ДДТ (табл. 3). Наиболее высокое содержание остаточных количеств пестицида и его метаболитов было отмечено в почвах селитебно-транспортной и промышленной зон. Более низкое содержание этих экотоксикантов характерно для почв парково-рекреационной и селитебной зон. К наименее загрязненной ДДТ составляющей почвенного покрова на территории города относятся почвы детских учреждений. Для сравнения отметим, что суммарное содержание ДДТ и его метаболитов в почвах на территории детских учреждений Москвы ниже, чем в почвах школьных дворов Пекина, характеризующихся следующими статистическими показателями (мкг/кг): 93,68±76,49 (среднее значение); 69,66 (медиана); 66,17 (среднее геометрическое) [36].

Более высокое содержание ДДТ и его метаболитов в почвах селитебно-транспортной зоны Москвы по сравнению с почвами других функциональных зон, вероятно, обусловлено интенсивным применением пестицидов в прошлом веке на территории московских бульваров, рядом с которыми располагаются современные транспортные магистрали. Почвы промышленных зон также в прошлом могли быть объектами загрязнения ДДТ при его производстве, подготовке к применению и хранении неиспользованных остатков пестицида. Например, в 1946-1970 гг. ДДТ производили на московском химическом заводе «Синтез» (1948 г. – 0,7 тыс. т; 1957 г. – 3,5 тыс. т), а также на подмосковном опытном заводе ВНИИХСЗР (г. Щелково) (1947 г. – 2 тонны, 1948 г. – 25 т) [16]. Также следует отметить, что причиной более высоких уровней содержания ДДТ в почвах селитебно-транспортной и промышленной зон по сравнению с почвами парково-рекреационной и селитебной зон может быть пониженная активность почвенного микробного сообщества в первых. Как известно, микробиологические процессы играют важную роль в процессах деградации пестицидов [7]. Для сравнения отметим, что в городах стран Европы [22, 24] и Китая [37] наиболее загрязнены ДДТ почвы парков. Так, в почвах парков Катовице (Польша) содержание суммы ДДТ и его метаболитов находилось в диапазоне 100-260 мкг/кг, в то время как в почвах промышленных зон – 23–120 мкг/кг [24].

Как видно из таблиц 2 и 3, поверхностные слои почв Москвы характеризуются высоким варьированием содержания ДДТ и его метаболитов, а также большими различиями между средними значениями концентрации пестицида в почве и значениями медианы. Данный факт отмечался и другими авторами при исследовании загрязнения пестицидом городских почв [21, 22, 24, 32, 31, 33, 36]. Различие между медианой и средним значением свидетельствует о несимметричности распределения концентраций пестицида и его метаболитов в городской почве. Так, в некоторых почвенных разностях Москвы концентрации ДДТ сильно отличаются от остального ряда значений концентраций этого пестицида. Вместе с тем, концентрации ДДТ и его метаболитов в других почвенных разностях имеют очень близкие друг к другу значения. Наблюдаемые отклонения могут быть связаны с неравномерностью поступления пестицида в почву после обработки городской территории. В большинстве случаев наибольшее варьирование содержания ДДТ и его метаболитов и наиболее высокое отклонение среднего значения от медианы наблюдается в парково-рекреационной зоне. Вероятно, это связано с тем, что некоторые из старых парков Москвы были местом непосредственного применения пестицида или захоронения его остатков в почву. В то же время загрязнение почв новых парков, возникших после запрета на использование ДДТ, могло быть следствием его регионального распространения.

Согласно принятой в РФ градации почв населенных пунктов по содержанию загрязнителей [3, 13], большая часть обследованных почвенных разностей на территории Москвы может быть отнесена к категориям загрязнения ДДТ «чистая» и «допустимая» (табл. 4). К этим категориям загрязнения относятся более 90 % опробованных почв в селитебной и парково-рекреационной зоне и все почвы на территории детских садов и школ. Категория загрязнения почв «чрезвычайно опасная» отмечена только в двух точках опробования: на территории бульварного кольца в центре Москвы (селитебно-транспортная зона) и примыкающего в прошлом к городу лесного массива (парково-рекреационная зона).

Эти территории могли быть объектами применения ДДТ в прошлом веке [1, 10]. В литературе имеются подобные данные об особо высоких концентрациях ДДТ в некоторых образцах городских почв, например, отобранных в центральной части Кракова (Польша) (2400 мкг/кг) [24] или в старых парках Пекина (1039 мкг/кг) [31]. Уровни содержания этого пестицида в данных почвах на один-три порядка выше, чем в почвах остальной части городской территории из-за его интенсивного применения в прошлом.

Таблица 4

Структура загрязнения поверхностных слоев почв Москвы ДДТ (ПДК=100 мкг/кг [3])

Территория Москвы (зона)	Доля почв разных категорий загрязнения, %			
	Чистая (< ПДК)	Допустимая (1 – 2 ПДК)	Опасная (2 - 5 ПДК)	Чрезвычайно опасная (>5 ПДК)
Вся территория города	80,0	7,5	7,5	5,0
Промышленная	71,4	0	28,6	0
Селитебно-транспортная	60,0	20,0	0	20,0
Селитебная	84,6	7,7	7,7	0
Парково-рекреационная	91,7	0	0	8,3

Исследование распределения ДДТ и его метаболитов в профиле урбанозема дендропарка Ботанического сада МГУ им. М. В. Ломоносова выявило присутствие экотоксикантов до глубины 60 см, что, очевидно, объясняется «историей» использования пестицида в парковом хозяйстве Москвы в прошлом (табл. 5).

Таблица 5

ДДТ и его метаболиты в профиле урбанозема дендропаркаБотанического сада МГУ им. М. В. Ломоносова

Параметр	Горизонт					
	Au	U				U+[A]
	Глубина, см					
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Содержание ДДТ, мкг/кг	147,4	102,86	69,21	41,78	43,07	33,61
Содержание ДДЕ, мкг/кг	7,88	5,73	3,04	1,52	1,72	1,25
Содержание ДДД, мкг/кг	0,99	6,01	4,62	13,66	10,15	19,02
Превышение содержания ДДТ над ПДК	1,47	1,03	0,69	0,42	0,43	0,34

Литературные данные подтверждают возможность проникновения ДДТ с течением времени в почву на глубину до 1 м и более [6]. Как видно из табл. 5, максимальным содержанием ДДТ и его метаболита ДДЕ характеризуется гумусовой горизонт Au урбанозема, что свойственно большинству липофильных органических соединений антропогенного происхождения, в том числе ХОП [6, 38]. Наоборот, для метаболита ДДД отмечалась тенденция роста содержания в почвенном профиле с глубиной. Данный факт, очевидно, объясняется тем, что трансформация ДДТ в ДДЕ представляет собой процесс дегидрохлорирования и в природных средах протекает в аэробных условиях [7, 16]. Превращение ДДТ в ДДД происходит в результате восстановительного дегалогенирования, чему должны способствовать анаэробные условия. Поэтому образование метаболита ДДЕ предпочтительнее протекает на поверхности почвы, а метаболита ДДД – в глубине.

Содержание ДДТ в верхних слоях урбанозема превышает фоновые уровни для почв Европейской части РФ [11] и лежит в диапазоне, характерном для почв «старых» городских парков, функционировавших еще в период интенсивного применения этого пестицида.

Например, в почвах парков Катовице (Польша) содержание суммы ДДТ и его метаболитов (мкг/кг) изменяется в пределах 100–260 [24], в почвах парков Пекина (Китай) – 5,942–1039 (при среднем значении 162,0, медиане 64,87) [31], в почве Национального парка Принс Альберт в Саскачеване (Канада) – 119–150 [20]. Как видно из табл. 5, в верхней части почвенного профиля урбанозема дендропарка Ботанического сада МГУ им. М. В. Ломоносова остаточные количества ДДТ до полутора раз превышают ПДК. В нижележащих слоях почвы превышение этого норматива не наблюдается. Корреляционный анализ с вычислением непараметрических коэффициентов Спирмена выявил наличие в профиле урбанозема дендропарка значимой положительной корреляции между содержанием ДДТ и ДДЕ ($r=0,99$, $\alpha=0,05$) и их отрицательной корреляции со значением pH ($r= - 0,90$ и $-0,93$ соответственно, $\alpha=0,05$) и содержанием ($r=-0,85$ и $-0,83$ соответственно, $\alpha=0,05$). Возможной причиной установленной связи ДДТ со значением pH в почвенном профиле являться влияние кислотности на активность почвенного микробного сообщества, играющего значительную роль в трансформации экотоксикантов. Оптимальное значение pH среды для большинства бактерий-деструкторов находится в интервале 6-8 [7], и слабая трансформация ДДТ может быть связана с кислой реакцией почвы. Поэтому чем ниже значение pH, тем больше остаточное количество ДДТ в почвенном профиле. Отрицательная корреляционная связь между ДДТ и ДДД объясняется тем, что второе соединение образуется из первого, причем метаболит ДДД является основным продуктом трансформации ДДТ (табл. 5).

Выводы

1. Суммарное содержание ДДТ и его метаболитов в поверхностных слоях почв Москвы находится в диапазоне 2,22–1441 мкг/кг при среднем значении 158,9±314,1 мкг/кг и медиане 42,53 мкг/кг, что от нескольких раз до двух порядков превосходит аналогичные показатели для почв фоновых территорий и лежит в пределах, характерных для городских почв Восточной Европы и Китая.

2. Содержание изомеров ДДТ и его метаболитов в почвах уменьшается в следующей последовательности: п,п'-ДДТ > п,п'-ДДД ≥ п,п'-ДДЕ > о,п'-ДДД ≥ о,п'-ДДТ > о,п'-ДДЕ.

3. Выявлена значимая положительная корреляция между содержанием ДДТ и его метаболитов, а также между содержанием ДДД и содержанием органического вещества в поверхностных слоях почв.

4. На территории города наиболее высокое содержание ДДТ и его метаболитов отмечено в почвах селитебно-транспортной и промышленной зон, а наиболее низкое – в почвах дворов детских дошкольных и школьных учреждений.

5. По содержанию ДДТ большая часть почвенных разностей в Москве может быть отнесена к категориям загрязнения «чистая» (80,0%) и «допустимая» (7,5%).

6. В профиле урбанозема дендропарка Ботанического сада МГУ им. М. В. Ломоносова содержание ДДТ и ДДЕ изменяется в пределах 33,61–147,38 мкг/кг и 1,25–7,88 мкг/кг соответственно с максимумом в гумусовом горизонте Au (0-10 см), содержание ДДД – в пределах 0,99–19,02 мкг/кг с максимумов в нижней части техногенного слоя U (50-60 см).

7. Содержание ДДТ в верхней части профиля урбанозема (гумусовый горизонт Au и верхняя часть техногенного слоя U) превышает фоновые уровни в почвах Европейской части РФ и лежит в диапазоне, характерном для почв городских парков, функционировавших в период интенсивного применения пестицида.

8. В профиле урбанозема выявлена значимая положительная корреляция между содержанием ДДТ и ДДЕ и их отрицательная корреляция со значением pH и с содержанием ДДД.

9. Содержание ДДТ в верхней части профиля урбанозема составляет 1,03–1,47 ПДК, а в нижележащих слоях – 0,336–0,692 ПДК.

Литература

1. Временные методические указания по применению ДДТ, гексахлорана и его γ-изомера для уничтожения членистоногих, имеющих эпидемиологическое и санитарно-гигиеническое значение (вшей, блох, тараканов, комаров, мошек, москитов, мух, клещей): утв. Постановлением Минздравом СССР от 02.11.1971 № 937-71. М., 1972.

2. *Галиулин Р. В., Галиулина Р. А.* Эколого-геохимическая оценка «отпечатков» стойких хлорорганических пестицидов в системе почва – поверхностная вода // Агрохимия. 2008. № 1. С. 52-56.

3. ГН 1.2.3111-13. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень): утв. постановлением Глав. гос. санитар. врача РФ от 21.10.2013 г. № 55.

4. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году : гос. доклад. М. : Минприроды России : НИА-Природа, 2016. 639 с.

5. О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2015 году : доклад. М., 2016. URL : http://www.mosecom.ru/reports/2006...2014/ (дата обращения 01.09.2017).

6. *Исидоров В. А.* Введение в химическую экотоксикологию : учеб. пособие. СПб.: Химиздат, 1999. 144 с.

7. *Кузнецов А. Е., Градова Н. Б.* Научные основы экобиотехнологии. М. : Мир, 2006. 504 с.

8. *Куликова-Хлебникова Е. Н., Робертус Ю. В., Кивацкая А. В.* Особенности метаболизма хлорорганических пестицидов в объектах окружающей среды в условиях Горного Алтая // Вестник АГАУ. 2011. Т. 84, № 10. С.50-53.

9. *Майстренко В. Н., Клюев Н. А.* Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 323 с.

10. Методические указания по борьбе с комарами в городах. N 15-6/27 / Минздрав СССР. Утв. 25.08.88. М., 1989. 17 с.

11. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2015 г. / под ред. Г. М. Черногаева. М. : Росгидромет, 2016. 204 с.

12. Программа ООН по окружающей среде. Подпрограмма по химическим веществам. Региональная оценка стойких токсичных веществ. Центральная и Северо-Восточная Азия : регион. Доклад / ЮНЕП, Глобальный экологический фонд. 2002.

13. СанПин 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.

14. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях : опубл. времен. секретариатом Стокгольмской конвенции о стойких орган. загрязнителях. UNEP, 2001. URL : http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/pollutants.pdf. (дата обращения 09.11.2017)

15. О ратификации Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях : федер. закон от 27.06.2011 N 164-ФЗ. Принят ГД ФС РФ 17.06.2011.

16. *Федоров Л. А., Яблоков А. В.* Пестициды – токсический удар по человеку и биосфере. М., 1999. 461 с.

17. Определение полихлорированных бифенилов и пестицидов в объектах окружающей среды и биоматериалах методом хроматомасс-спектрометрии высокого разрешения / *А. А. Шелепчиков и др.* // Масс-спектрометрия. 2008. Т. 5. № 4. С. 245–258.

18 Экологический атлас Москвы. М. : АБФ, 2000. 96 с.

19. *Юфит С. С.* Яды вокруг нас. Вызов человечеству. М. : Классикс Стиль, 2002. 368 с.

20. Residues of DDT and other selected organochlorine pesticides in soils from Saskatchewan, Canada (1999) / *P. Bailey etc.* // Canadian Journal of Soil Science. 2005. Vol. 85. I. 2. P. 265-271.

21. *Covaci A., Hura C., Schepens P.* Selected persistent organochlorine pollutants in Romania// Sci. Total. Environ. 2001. Vol. 280, I.1-3. P. 143–152.

22. *Covaci A., Manirakiza P., Schepens P*. Persistent organochlorine pollutants in soils from Belgium, Italy, Greece, and Romania // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2002. Vol. 68, I. 1. P. 97-103.

23. *Ene A., Bogdevich O., Sion A.* Levels and distribution of organochlorine pesticides (OCPs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in topsoils from SE Romania // Sci. Total Environ. 2012. Vol. 439. P. 76-86.

24. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in soils from the southern part of Poland / *J. Falandysz etc.* // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2001. Vol. 40, I. 2. P. 173-178.

25. *Fu S., Chu S. G., Xu X. B.* Organochlorine pesticide residue in soils from Tibet, China // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2001. Vol. 66, I. 2. P. 171–177.

26. Level and distribution of DDT in surface soils from Tianjin, China / *Z. M. Gong etc.* // Chemosphere. 2004. Vol. 54, I. 8. P. 1247-1253.

27. Persistent organochlorine compounds in soils and sediments of European high altitude mountain lakes / *J. O. Grimalt etc.* // Chemosphere. 2004. Vol. 54. I. 10. P. 1549-1561.

28. Residues of organochlorine pesticides in Alabama soils / *T. Harner etc.* // Environ. Pollut. 1999. Vol. 106. I. 3. P. 323–332.

29. Persistent organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in intensive agricultural soils from North India / *B. Kumar et al.* // Soil and Water Res. 2011. Vol. 6. I. 4. P. 190-197.

30. Residues of persistent organic pollutants in Estonian soils (1964-2006) / *S.K. Kumar et al.* // Estonian Journal of Earth Sciences. 2009. Vol. 58, I. 2. P. 109-123.

31. Contamination of soils with organochlorine pesticides in urban parks in Beijing, China / *X. Li et al.* // Chemosphere. 2008. Vol. 70, I. 9. P. 1660–1668.

32. Distribution of HCHs and DDTs in Soils from Beijing City, China / *X. Li et al.* // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2006. Vol. 51, I. 3. P. 329–336.

33. *Mishra K., Sharma R., Kumar S.* Contamination levels and spatial distribution of organochlorine pesticides in soils from India // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2012. Vol. 76, I. 2. P. 215–225.

34. Polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pesticides in surface soils from the Qinghai-Tibetan plateau / *Tao S. et al.* // J. Environ. Monit. 2011. Vol.13, I. 1. P. 175-181.

35. Levels and chiral signatures of organochlorine pesticides in urban soils of Yinchuan, China / *W. Wang et al.* // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2009. Vol. 82, I. 4. P. 505-509.

36. Residues of organochlorine pesticides in surface soils from college school yards in Beijing, China / *X. Wang et al.* // J. Environ. Sci. 2008. Vol. 20, I. 5. P. 1090-1096.

37. Distribution and sources of DDTs in urban soils with six types of land use in Beijing, China / *L. Yang et al.* // Journal of Hazardous Materials. 2010. Vol. 174, I. 1-3. P. 100-107.

38. Dicofol application resulted in high DDTs residue in cotton fields from northern Jiangsu province, China / *X. Yang et al.* // Journal of Hazardous Materials. 2008. Vol. 150, I. 1. P. 92-98.

39. Residues of organochlorine pesticides in Hong Kong soils / *H.B. Zhang et al.* // Chemosphere. 2006. Vol. 63, I. 4. P. 633-641.

40. Spatial variability of organochlorine pesticides (DDTs and HCHs) in surface soils from the alluvial region of Beijing, China / *H. Zhang et al.* // J. Environ. Sci. (China). 2007. Vol. 19, I. 2. P. 194-199.

41. Organochlorine pesticides contamination in surface soils from two pesticide factories in Southeast China / *L. Zhang et al.* // Chemosphere. 2009. Vol. 77, I. 5. P. 628–633.

42. Organochlorine pesticides (DDTs and HCHs) in soils from the outskirts of Beijing, China / *Y. Zhu et al.* // Chemosphere. 2005. Vol. 60, I. 6. P. 170-178.

УДК 631.436 (571.53)

ОСОБЕННОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВ ОРОГРАФИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СИБИРИ

А. С. Балыбина, И. Е. Трофимова
Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск,
balybina@irigs.irk.ru, trofimova@irigs.irk.ru

Исследование основано на информации метеорологических станций о температуре почвы в пределах Иркутской области. Предлагаются методические приемы анализа, классификации и картографирования температурного режима почв. В классификационных построениях выделено по четыре типа летнего и зимнего режима. На картосхемах показаны их небольшие участки или сформировавшиеся разномасштабные ареалы.

Ключевые слова: почвенный профиль, температура, тип температурного режима, классификация, картографирование.

Введение

Почвенный климат, как трансформированный подстилающей поверхностью и самой почвой атмосферный климат, можно рассматривать в качестве приоритетного показателя общих эколого-климатических ресурсов территории, имеющих ключевое значение в почвообразовании, геохимических и биологических процессах, а также в функционировании, структуре и динамике природных систем в целом. Важный показатель климата почв – температурный режим, выражающий «изменения температуры в почвенном профиле во времени» [11, с. 215]. Однако при весьма многочисленном изучении тепловых свойств и температурных режимов почв разных природных подразделений [1, 4, 5, 10, 16] мало внимания уделяется их региональным закономерностям, особенно относящихся к сложным по рельефу территориям. Важным аспектом региональных исследований являются разработка методических приемов обработки данных и их анализа, количественная оценка многолетнего температурного режима почв, его классификация и картографическая форма передачи информации.

Объекты и методы

К сложной по рельефу территории можно отнести Иркутскую область. В физико-географическом отношении большая ее часть находится в пределах Среднесибирского плоскогорья, меньшая – занята горами и нагорьями Прибайкалья. В состав области входит часть акватории оз. Байкал с островом Ольхон [2].

Оценка температурного режима почв (почвенно-грунтовой толщи мощностью 3,2 м) базируется на данных, рассчитанных по многолетним наблюдениям метеорологических станций государственной гидрометеорологической сети (Иркутское территориальное управление). Пункты измерений температуры на пяти или восьми стандартных глубинах почвенного профиля находятся в основном в долинах крупных рек, пересекающих разные орографические элементы на равнинно-плоскогорной поверхности. В отдельных природных подразделениях, таких как Ербогаченская равнина, горы и нагорья Прибайкалья, подобные наблюдения единичны (рис. 1, 2). Отметим, что рассматриваемая территория сложна по разнообразию и структуре почвенного покрова [8, 9], а поскольку почвы могут сильно различаться даже на незначительных расстояниях, то их характеристики нами взяты из физико-географического описания метеостанций.

Из имеющегося в нашем распоряжении массива данных, который включает пространственное и внутригодовое распределение температуры по всему почвенному профилю, выбираются такие характеристики, которые позволили бы выявить существенные стороны температурного режима почв. К ним отнесены средние месячные значения наибольшей и наименьшей температуры независимо от времени ее фиксирования в годовом цикле на отдельных глубинах почвенного профиля, отражающие суммарный эффект

накопления в нем тепла или холода. Поскольку в течение годового цикла моменты наступления наименьшей и наибольшей температуры отличаются нестабильностью, их выборка проводится для каждого конкретного года временного ряда. По этим показателям строятся вертикальные профили, которые систематизируются (классифицируются) по количественным значениям температуры и характеру ее распределения по глубине. Отметим, что изменение наибольшей температуры по почвенному профилю соответствует инсоляционному типу (температура с глубиной убывает), наименьшей – радиационному (температура с глубиной повышается) [12, 13]. Для классификации температурного режима почв весь массив данных, выраженный в форме вертикальных профилей, разбивается на градации количественных значений, которым присваивается качественная характеристика по степени летнего нагревания и зимнего охлаждения почв. Количество градаций зависит от диапазона пространственных изменений показателей на рассматриваемой территории и целевых задач научно-практической направленности. Градации могут быть как равные, так и не равные по величине. Строгих правил, определяющих оптимальную ширину интервала градаций, нет. Однако ошибка классификации уменьшается с увеличением числа градаций, в то же время при большом числе градаций теряется смысл классификационных построений [6, 7].

Для оценки летнего режима учитывается глубина проникновения температуры 15 и 10 ºС и продолжительность ее нахождения в почвенном профиле. Для зимнего режима дополнительно используется информация о сезонном промерзании–оттаивании почв, подстилаемых талой породой, или о сезонном промерзании–протаивании почв, подстилаемых мерзлой породой. Данный комплекс показателей вполне достаточен для общей экологической оценки температурного режима почв и его классификации. Одно из условий корректного проведения анализа – это использование данных о температурном режиме почв предпочтительно за один и тот же период инструментальных наблюдений. Анализ данных проводится по методике, разработанной для равнинных территорий [15], но с учетом сложного орографического строения земной поверхности в методику внесены некоторые уточнения и дополнения, которые связаны в основном с особенностями классификации температурного режима почв и представления материала в картографической форме.

Результаты и обсуждение

Для сложной по рельефу территории Иркутской области характерна высокая степень варьирования температуры почвы. Из климатических показателей теплого периода года, способствующих формированию температурного режима почв, выделяется температура приземного слоя воздуха. Для верхнего горизонта почв между температурой воздуха и почвы характерна достаточно высокая связь. Однако на рассматриваемой территории мера сопряженности между ними неоднозначна, что обусловлено специфическим сочетанием природных факторов и свойств самой почвы в ее отдельных частях.

Средняя месячная наибольшая температура, отмеченная в пунктах наблюдений, изменяется на глубине 0,2 м от 20 до 8 ºС, а на глубине 3,2 м – от 9 ºС до слабоотрицательной. Зафиксированные самые высокие значения температуры близки к возможному нагреванию почв, обусловленному количеством поступающей солнечной энергии на земную поверхность рассматриваемой территории. Вместе с тем диапазон пространственных изменений температуры может быть расширен за счет более низких ее значений в северных и северо-восточных районах области.

Для классификации температурного режима почв весь имеющийся массив количественных данных с привлечением вертикальных температурных профилей разбивается на четыре градации (типа), которым дана соответствующая качественная оценка. В основном применяется принцип равной ширины интервалов градаций. Нижняя граница каждой градации совпадает с верхней границей следующей градации. На стандартных глубинах измерений в слое 0,2–0,8 м они составляют по 3 ºС, сверху вниз по почвенному

профилю ширина интервалов уменьшается – до 2 ºС на глубине 3,2 м. При этом из-за недостаточности информации в четвертой градации принцип равной ширины интервалов нарушен, и нижняя граница градации в некоторой степени условна. Ступени шкалы градаций располагаются в порядке убывания летнего нагревания почвенно-грунтовой толщи (см. рис. 1 а).

Поскольку метод географической интерполяции при создании карт температурного режима почв оказался практически непригодным, то все данные, характеризующие тот или иной его тип, значками наносятся на основу с изображением рельефа земной поверхности. Картографическое произведение, полученное таким способом, имеет определенную информативность, наглядность и особое восприятие пространственного распределения выделенных летних температурных режимов почв на рассматриваемой территории (см. рис. 1 б).

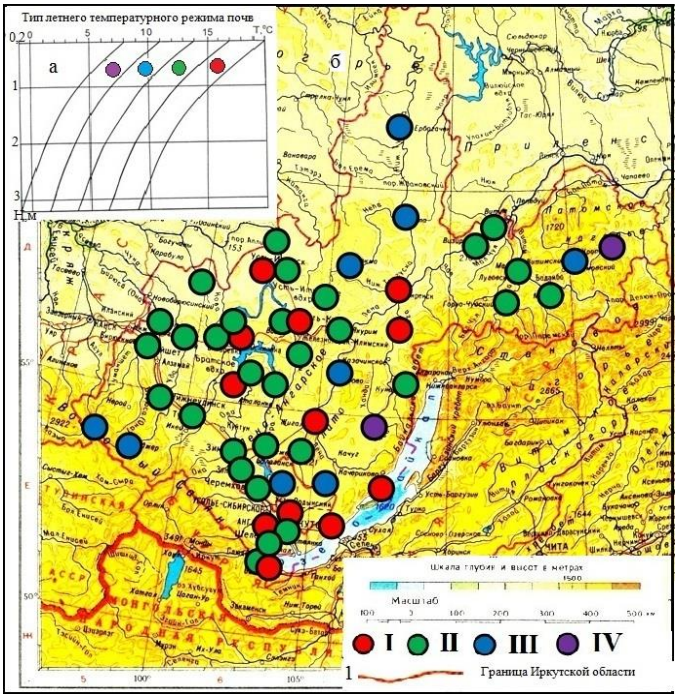


Рис. 1. Картосхема пространственного распределения типов температурного режима почвенной толщи мощностью 3,2 м теплого периода года на территории Иркутской области (основа с изображением рельефа земной поверхности по [3]). Кружками и римскими цифрами обозначен температурный режим: I – теплый, II – умеренно теплый, III – умеренно холодный, IV- холодный.
1 – граница Иркутской области

Тип I температурного режима разных по механическому составу почв (суглинистых, супесчаных, песчано-галечниковых), подстилаемых талыми породами, характеризуется самой высокой температурой всего почвенного профиля (теплые условия), зафиксированной в данном регионе (см. рис. 1 а – красный значок). Температура 15 ºС проникает до глубины 0,5–1,1 м и сохраняется в верхнем слое в течение трех месяцев (июнь–август). На глубине 0,8 м ее присутствие зафиксировано в августе и только в отдельных пунктах наблюдений. Температура 10 ºС опускается до 1,6–2,6 м и отмечается практически повсеместно. На глубине 0,2 м она наблюдается в июне–сентябре, на глубине 0,8 м – в июле–сентябре. Встречаемость температурного режима типа I невелика (см. рис. 1 б – красные значки). Он отмечен в юго-восточной части Иркутско-Черемховской подгорной равнины, в средней части Ангарского кряжа, в Предбайкальской впадине и на Лено-Ангарском плато. Характерен он и для побережья Байкала и о. Ольхон, где почвенные профили имеют суглинистые, песчаные, щебнистые, галечниковые слои.

По мере снижения летнего нагревания доминирующих в пространстве суглинистых и менее распространенных супесчано-песчаных почв выделен тип II температурного режима, который характеризуется как умеренно теплый (см. рис. 1 а – зеленый значок). Это – территория редкоостровного и спорадического типа многолетнемерзлых пород. Рассматриваемые почвенные толщи, как правило, подстилаются талой породой. В единичных случаях талую породу на некоторой глубине сменяет многолетнемерзлая порода малой мощности с близкой к нулю отрицательной температурой. В этой ситуации исходящий от мерзлой породы холод понижает температуру нижнего слоя (2,4–3,2 м) почвенного профиля. Здесь проникновение температурной волны 15 ºС ограничивается глубиной 0,5 м. В самом верхнем слое почвы она сохраняется в июле–августе, в отдельных местоположениях – только в июле. Температура 10 ºС достигает глубины 0,8–1,6 м. На глубине 0,2 м она присутствует в основном с июня по август, в единичных случаях сохраняется и в сентябре. На глубине 0,8 м период с температурой 10 ºС смещается на июль–август, реже на сентябрь. Тип II широко распространен на холмисто-равнинной части Среднесибирского плоскогорья. Отмечается он на Иркутско-Черемховской равнине и на прилегающей к ней с юго-запада окраине Канско-Рыбинской равнины. Большая встречаемость характерна для западных районов области, Ангарского кряжа (долины рек и берега водохранилищ) и Лено-Ангарского плато. Здесь с небольшими включениями других типов сформировался его ареал. Небольшой ареал занимает и северо-восточный отрезок р. Лена (Приленское плато) и участок долины р. Витим, расчленяющей Северо-Байкальское и Патомское нагорья. Он локально встречается и на других элементах рельефа (см. рис. 1 б – зеленые значки).

Тип III температурного режима суглинистых с песчано-каменистыми включениями почв характеризуется меньшими величинами температуры по отношению к типам I и II. По количественной и качественной оценке режим относится к умеренно холодному (см. рис. 1 а – синий значок). Для данного типа летнего нагревания почв температура 15 ºС отсутствует, температура 10 ºС опускается на 0,4–0,8 м и наблюдается на глубине 0,2 м в июле–августе, реже в июне. На глубине 0,8 м в отдельных пунктах наблюдений она отмечена лишь в августе. Умеренно холодный температурный режим зафиксирован в ряде пунктов наблюдений, которые относятся к разным природным подразделениям в районах прерывистого и островного распространения многолетнемерзлых пород. Это – Ербогаченская равнина (долина Нижней Тунгуски), островные степи Приангарья, узкие глубоко врезанные речные долины, расчленяющие северные отроги горной системы Восточный Саян, и другие природные объекты (см. рис. 1 б – синие значки).

Типу IV свойствен холодный температурный режим почв (см. рис. 1 а – фиолетовый значок). Однако количественную оценку летнего нагревания почв можно дать только по данным наблюдений единичных метеостанций (см. рис.1 б – фиолетовые значки). Одна из них (Светлый) расположена на террасе правого берега р. Жуя, которая протекает по Патомскому нагорью. В долине прерывистое распространение многолетней мерзлоты. Значения температуры супесчаной почвенной толщи долины самые низкие в данной градации. Положительная температура отмечена до глубины 2,4 м, ниже – слабоотрицательная. Глубина проникновения температуры 5 ºС – около 0,8 м и сохраняется она в почвенном профиле непродолжительно. Подобный температурный режим почвы может наблюдаться и в других глубоковрезанных узких долинах рек, берущих свое начало в Патомском и Северо-Байкальском нагорьях. Очевидно, что температурный режим маломощных почв в самих нагорьях более холодный. К типу IV отнесен температурный режим суглинистых почв в отдельных местоположениях Предбайкальской впадины, для которой характерно островное распространение многолетнемерзлых пород. В данной ситуации почвенная толща подстилается талой породой и только на некоторой глубине сменяется мерзлой. Поэтому вся почвенная толща имеет положительные значения температуры (метеостанция Тырка). Температура 10 ºС кратковременно наблюдается лишь до глубины 0,4 м, 5 ºС – до 1,2 м.

К наиболее важным климатическим параметрам зимнего режима, определяющим температуру почвы, ее промерзание–протаивание (оттаивание), относятся температура приземного слоя воздуха и режим снежного покрова. Отмечено, что связь температуры верхнего слоя почвы с температурой воздуха слабее, чем с высотой снежного покрова [14].

Для оценки зимнего температурного режима почвы используются те же методические приемы, что и для летнего. На территории Иркутской области средняя месячная наименьшая температура на всех глубинах почвенного профиля варьирует в широком диапазоне. На глубине 0,2 м она изменяется от –2 до –14 ºС, на глубине 3,2 м – от +3 до –1 ºС. Как и в случае летних температур, диапазон пространственных изменений может расшириться за счет более низких ее значений в северных и северо-восточных районах области.

Изменение температуры по глубине происходит криволинейно и соответствует радиационному типу (температура с глубиной повышается). С привлечением вертикальных температурных профилей весь имеющийся массив данных разбивается на четыре градации количественных значений (типы температурного режима), которым придается качественная характеристика по степени зимнего охлаждения почв. На одной глубине почвенного профиля ширина интервалов всех градаций одинакова. Но поскольку пространственное изменение температуры в нижних слоях почвенного профиля незначительное, то ширина интервалов сверху вниз по почвенному профилю уменьшается и составляет по 3 ºС на глубине 0,2 м и по 1 ºС на глубине 3,2 м Выделены четыре градации зимнего температурного режима. Ступени шкалы градаций располагаются в порядке усиления зимнего охлаждения почвенно-грунтовой толщи (см. рис. 2 а). Картографическое произведение (см. рис. 2 б) отражает географическую дифференциацию зимнего температурного режима почв на рассматриваемой территории.

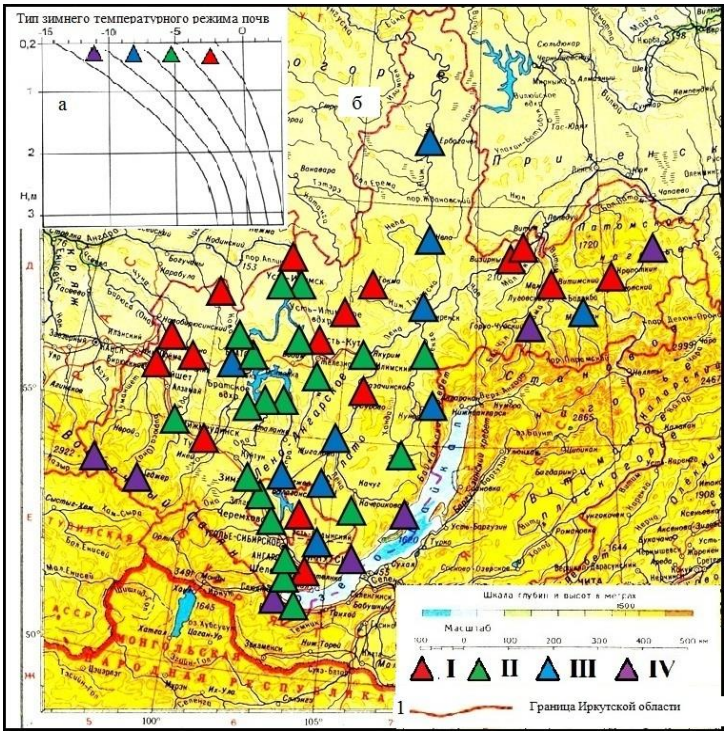


Рис. 2. Картосхема пространственного распределения типов температурного режима почвенной толщи мощностью 3,2 м холодного периода года на территории Иркутской области (основа с изображением рельефа земной поверхности по [3])
Треугольниками и римскими цифрами обозначен температурный режим:
I – умеренно холодный, I – холодный, III – очень холодный, IV – суровый.
1 – граница Иркутской области

Умеренно холодные температурные условия всего почвенного профиля (тип I) соответствуют самым высоким значениям наименьшей температуры в пределах рассматриваемой территории (см. рис. 2 а – красный значок). Слабое зимнее охлаждение почв разного механического состава (в основном суглинистых) характеризуется неглубоким (0,8–1,6 м) сезонным промерзанием. Мерзлота находится в почвенном профиле шесть-семь месяцев. Данный тип термических условий занимает ареал (с небольшими вкраплениями других типов) в виде узкой полосы, которая протягивается с запада на восток (северо-восток), пересекая при этом разные орографические элементы на равнинно-плоскогорной земной поверхности (см. рис. 2 б – красные значки). На северо-востоке тип I частично приурочен к долине р. Витим, расчленяющей область прерывистой многолетней мерзлоты Патомского и Северо-Байкальского нагорий. Подобное зимнее охлаждение почв наблюдается и на отрезке долины р. Лены, расположенной в северо-восточной части Среднесибирского плоскогорья. И в том и в другом случае почвенная толща подстилается талыми породами. Следует отметить, что термическое состояние почв выделенной полосы обусловлено разным сочетанием значений температуры воздуха и высоты снежного покрова.

Несколько пониженные значения наименьшей температуры суглинистых или с многослойным строением почвенных толщ по сравнению с таковыми типа I характеризуют зимний температурный режим как холодный (тип II) (см. рис. 2 а – зеленый значок). В данном типе сезонное промерзание почв достигает 1,6–2,6 м Продолжительность нахождения сезонной мерзлоты в почвенном профиле составляет шесть-семь (редко восемь) месяцев. Холодный температурный режим почв обусловлен сочетанием сумм средних суточных температур воздуха ниже 0 ºС от –2500 до –3450 ºС и максимальной высоты снежного покрова 20–50 см. Тип II широко распространен в центре холмисто-равнинной части Среднесибирского плоскогорья и частично отмечен в Предбайкальской впадине (см. рис. 2 б – зеленые значки).

Последовательное понижение наименьшей температуры всей почвенной толщи (см. рис. 2 а – синий значок) характеризует ее температурный режим как очень холодный (тип III). Ему свойственно глубокое (2,6–3,2 м) сезонное промерзание, которое сохраняется в почвенном профиле семь-девять месяцев. Во всех привлеченных пунктах измерений почвенная толща подстилается талыми породами. Однако отдельные метеостанции находятся в местоположениях с высокотемпературной многолетней мерзлотой. Зимний температурный режим почв обусловлен достаточно низкой температурой воздуха. Суммы средних суточных температур воздуха ниже 0 ºС от –3300 до –4100 ºС соотносятся с высотой снежного покрова 35–50 см. В степях Приангарья толщине снега 15–20 см соответствует сумма отрицательной температуры воздуха –2900 ÷ –3000 ºС. Тип III встречается в северных районах (долина Нижней Тунгуски), на северо-востоке территории (долина р. Витим), частично в Предбайкальской впадине и на Ленно-Ангарском плато. Единично он отмечен и в других местоположениях южной части Среднесибирского плоскогорья (см. рис. 2 б – синие значки).

Тип IV зимнего температурного режима отличается значительным охлаждением всей почвенной толщи. По количественным значениям наименьшей температуры и ее качественной оценке температурный режим охарактеризован как суровый (см. рис. 2 а – фиолетовый значок) с глубоким сезонным промерзанием почвенной толщи (до 3,2 м). В отдельных случаях на определенной глубине сезонное промерзание может смыкаться с многолетней мерзлотой. На территории области суровый температурный режим почв отмечен в разных ее частях (см. рис. 2 б – фиолетовые значки). Это долина р. Жуя, прорезающая Патомское нагорье. Здесь сезонное промерзание сливается с многолетней мерзлотой. Характерен он и для долины р. Витим, прорезающей Северо-Байкальское нагорье. Данный тип присутствует в речных долинах северных отрогов Восточного Саяна, которые относятся к области распространения прерывистой многолетней мерзлоты. Здесь на температурный режим почв влияет достаточно высокая зимняя температура воздуха в сочетании с весьма незначительной толщиной снежного покрова. Особо следует отметить

климатические условия формирования типа IV на юго-западном побережье Байкала и о. Ольхон. Здесь, как известно, температура воздуха зимой выше, чем на некотором удалении от озера. В то же время на данном отрезке побережья и о. Ольхон зимы малоснежные. Это в основном и определяет весьма низкие температуры и глубокое сезонное промерзание сложных по механическому составу (суглинистые с включением мелкозернистого песка, щебенки, галечника) почвенных толщ, что соответствует суровому температурному режиму.

Выводы

Выявленные географические закономерности температурного режима почв теплого и холодного периодов года относятся к фоновым эколого-климатическим условиям территории, характеризующие пространства без древесной растительности. В большинстве своем – это долины рек и степные участки в пределах Среднесибирского плоскогорья. В единичных случаях оценка режимов относится к глубоко врезанным речным долинам гор и нагорий Прибайкалья, а также к побережью Байкала. Существует явная недостаточность пунктов наблюдений за температурой почвы, особенно в северных и северо-восточных районах области, т.е. там, где широко присутствует многолетняя мерзлота.

Тем не менее, результаты исследований представляют вполне обоснованный научный интерес. Во-первых, предложены методические приемы анализа большого массива данных о температуре всего почвенного профиля, которые заключаются в определении формы построения классификационных схем и картографического изображения имеющейся информации. Выделено по четыре типа летнего и зимнего температурных режимов почв. В первом случае – это теплые, умеренно теплые, умеренно холодные и холодные режимы, во втором – умеренно холодные, холодные, очень холодные и суровые режимы. И в том и в другом случае небольшие участки или сформировавшиеся разномасштабные ареалы одного типа пространственно разобщены, а характер распределения в пространстве летних и зимних типов не совпадает. В целом распределение типов летнего и зимнего температурных режимов почв воспроизводят их географические закономерности, которые в определенной степени выражают изменения и в широтном, и в долготном направлении.

Исследования могут иметь и практическую направленность. Во-первых, в пределах области «безлесные» пространства – это земли сельскохозяйственного использования. Поэтому важна оценка ресурсов не только атмосферного климата, но и климата почв, причем и теплого, и холодного периодов года. Во-вторых, территория в настоящее время активно осваивается, что приводит к техногенным нарушениям земной поверхности, которые сильнее влияют на температурный режим сезоннопромерзающих почв и мерзлых пород, чем современное изменение климата. При этом речь может идти в первую очередь о геокриологическом риске освоения территории. В этом случае полученные результаты могут быть использованы как начало отсчета в определении степени антропогенной нагрузки на температурные режимы почв в условиях нарушения (удаления) растительного покрова.

Литература

1. *Архангельская Т. А.* Температурный режимкомплексного почвенного покрова. М. : ГЕОС, 2012. 281 с.

2. Иркутская область: экологические условия развития : атлас.. М.; Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. 90 с.

3. Географический атлас : для учителей средней школы. М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1980. 238 с.

4. *Гиличинский Д. А.* Сезонная криолитозона Западной Сибири. М. : Наука, 1986. 143 с.

5. *Димо В. Н.* Тепловой режим почв СССР. М. : Колос, 1972. 359 с.

6. *Исаев А. А.* Статистика в метеорологии и климатологии. М. : Изд-во МГУ, 1988. 245 с.

7. *Кобышева Н. В., Наровлянская Г. Я.* Климатическая обработка метеорологической информации. Л. : Гидрометеоиздат, 1978. 295 с.

8. *Кузьмин В. А.* Почвенно-экологическое районирование Иркутской области // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1436–1444.

9. *Нечаева Е. Г.* Ландшафтно-геохомическое районирование Азиатской России // География и природ. ресурсы. 2001. № 1. С. 12–18.

10. *Остроумов В. Е., Макеев О. В.* Температурное поле почв: закономерности развития и почвообразующая роль. М. : Наука, 1985. 192 с.

11. Толковый словарь по почвоведению. М. : Наука, 1975. 286 с.

12. *Трофимова И. Е.* Современное состояние и тенденции многолетних изменений мерзлотно-термического режима почв Прибайкалья // География и природ. ресурсы. 2006. № 4. С. 38–45.

13. *Трофимова И. Е.* Картографирование термического режима почвогрунтов Приангарья // География и природ. ресурсы. 2008. № 4. С. 130–136.

14. *Трофимова И. Е., Балыбина А. С.* Мониторинг температуры почвы и толщины снежного покрова на территории Иркутской области // Лед и снег. 2012. № 1 (117). С. 62–68.

15. *Трофимова И. Е., Балыбина А. С.* Районирование Западно-Сибирской равнины по термическому режиму почв // География и природ. ресурсы. 2015. № 3. С. 27–38.

16. *Чигир В. Г.* Тепловая мелиорация длительно-сезонномерзлотных почв. М. : Наука, 1978. 146 с.

УДК 551.34

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ МОЩНОСТИ СЕЗОННО-ТАЛОГО СЛОЯ КРИОГЕННЫХ ПОЧВ ЯМАЛЬСКОЙ ЛЕСОТУНДРЫ*

В. В. Валдайских

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, v_vald@mail.ru

Показано значительное пространственное варьирование мощности активного слоя почв Ямальской лесотундры, зависящее от условий мезо- и микрорельефа, свойств почвообразующих пород и самих почв, состояния и типа растительности. Из климатических параметров, по-видимому, на глубину сезонно-талого слоя наибольшее влияние оказывает количество выпавших в теплый сезон осадков.

Ключевые слова: криогенные почвы, сезонно-талый слой, глубина протаивания, многолетняя мерзлота, Ямал, изменения климата.

Введение

Вечная мерзлота является климатически уязвимым элементом природной среды, исследованию деградации и устойчивости вечной мерзлоты в условиях изменяющегося климата посвящены многочисленные публикации [1–8], многие авторы указывают на увеличение в последние десятилетия мощности сезонноталого слоя. Для обоснованного прогнозирования состояния многолетней мерзлоты в условиях меняющегося климата и антропогенных воздействий необходимо понимание и количественная оценка влияния на изменение глубины сезоннопротаивающего слоя почвы климатических характеристик, а также местных ландшафтных факторов: растительности, органического вещества почвы, свойств почвообразующих пород, рельефа и др. Представляется важным проведение

* *Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания № 236/7696. Выражаем искреннюю благодарность коллективу Арктического стационара Института экологии растений и животных УрО РАН за помощь в проведении полевых исследований.*

постоянных комплексных мониторинговых наблюдений за состоянием многолетнемерзлых грунтов и ландшафтов криолитозоны в разных регионах.

Объекты и методы

На мониторинговых площадках, организованных на северо-западной окраине Западно-Сибирской равнины на левобережье р. Оби в вблизи г. Лабытнанги (ЯНАО), с 2012 по 2017 гг. изучались особенности пространственного распределения криогенных почв, проводился мониторинг глубины сезонноталого слоя и его термического режима. Полевые измерения температуры в профиле криогенных почв выполнены с использованием автоматических датчиков (data logger Em50, sensors 5TM) производителя Decagon Devices, которые устанавливались в вертикальном профиле передней стенки почвенного разреза на глубинах 2–10–20–50–100 см или в соответствии с генетическими горизонтами до глубины многолетнемерзлого слоя. Измерения проводились в круглогодичном непрерывном автоматическом режиме. Промеры глубины сезонноталого слоя производились с помощью щупа на четырех площадках 10х10 м с шагом сетки в 1 м (разреженный лес, тундровые сообщества на суглинках, тундровые сообщества на песках, болотные сообщества).

Обсуждение результатов

Варьирование глубины сезонного протаивания в зависимости от местных факторов оказывается больше, чем от межгодовой изменчивости климатических показателей. На величину сезонного протаивания прежде всего оказывают влияние условия микро- и мезорельефа (определяющие дренаж), а также непосредственно физико-химические свойства самих почв: гранулометрический состав, мощность органических горизонтов и содержание органического вещества.

В лесотундре южного Ямала наблюдается высокая контрастность почвенного покрова, связанная с разнообразием подстилающих пород, рельефа, типов растительности. Под лиственничниками на хорошо дренируемых водоразделах формируются Al-Fe-гумусовые подзолы, на небольших хорошо дренируемых возвышенных участках пятнисто-медальонной тундры на супесчаных и песчаных почвообразующих породах под кустарничково-травяно-мохово-лишайниковыми сообществами также формируются Al-Fe-гумусовыми подзолами с вкраплениями подбуров. На суглинистых почвообразующих породах под багульниково-ерниковой кустарничково-мохово-лишайниковой заболоченной тундрой в условиях слабой дренируемости формируются тундровые криогенно-глеевые почвы различной степени оторфованности в сочетании с болотно-тундровыми криогенно-глеевыми торфянистыми и торфяными. В депрессиях рельефа под кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью почвы представлены в большинстве случаев болотными криогенными торфяными или чаще торфяно-глеевыми. В поймах рек представлены аллювиальные дерново-глееватые почвы.

На рисунке показана динамика изменения глубины протаивания за изучаемый промежуток времени в представленных типах почв. Прогнозные количественные оценки показали, что наиболее определяющими мощность активного слоя характеристиками являются показатели содержания органического вещества в почве. Немногим меньше с величиной сезонного протаивания почвы связаны показатели гранулометрического состава почвы. Наименьшая глубина сезонного протаивания наблюдается в почвах тяжелого гранулометрического состава, с мощным слоем органических горизонтов преимущественно кислого состава (торф). Максимально выраженная взаимосвязь между физико-химическими свойствами самих почв и сезонно-талого слоя наблюдаются в годы с малым количеством летних осадков. Сопоставление климатических характеристик и глубин протаивания на разных площадках за изучаемый промежуток времени позволило сделать вывод о том, что, по-видимому, на глубину сезонно-талого слоя в районе исследования в первую очередь оказывает влияние количество выпавших осадков, а не только температурные показатели.

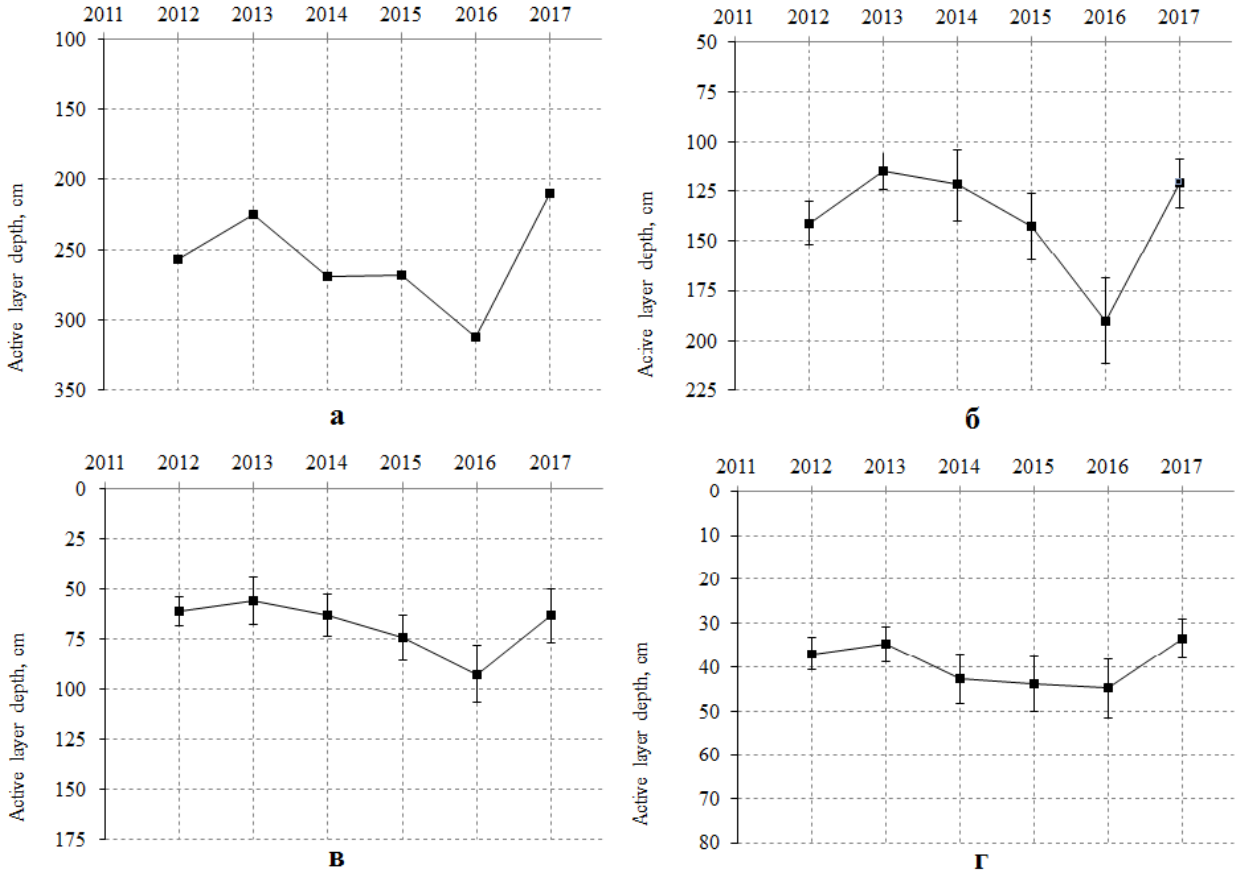


Рис. Изменение мощности сезонноталого слоя с 2012 по 2017 гг. на площадках наблюдения 10х10 м (а – редколесье, б – тундра на песках, в – тундра на суглинках, г- плоскобугристое болото)

Выводы

Проведенные исследования в субарктике Западной Сибири на постоянных мониторинговых площадках показали значительное пространственное варьирование мощности активного слоя, зависящее от условий мезо- и микрорельефа, свойств почвообразующих пород и самих почв, состояния и типа растительности, значительно превышающее межгодовые колебания, связанные с климатическими ритмами и трендами. Полученные данные позволили рассчитать прогнозные количественные соотношения между глубиной активного слоя на изучаемых площадках и некоторыми климатическими показателями за изучаемый период. На качественном уровне можно говорить о весьма устойчивой связи между глубиной оттаивания и максимальной мощностью снегового покрова зимой, а также суммой летних осадков и температурой воздуха с июня по август.

Литература

1. *Moskalenko N. G.* Cryogenic landscape changes in the West Siberian Northern Taiga in the conditions of climate change and human-induced disturbances// Earth's Cryosphere, 2012. V. XVI, № 2. P. 38–42.

2. *Каверин Д. А. Пастухов А. В., Мажитова Г. Г.* Температурный режим тундровых почв и подстилающих многолетнемерзлых пород (Европейский северо-восток России) // Криосфера Земли, 2014. Т. 18. № 3. С. 23–32.

3. Изменения климата и динамика толщ многолетнемерзлотных пород на северо-западе России в ближайшие 300 лет / *Клименко В. В. и др.* // Криосфера Земли, 2007. Т. VI. № 3. С. 3–13.

4. О связи глубины сезонного протаивания с межгодовой изменчивостью средней годовой температуры грунтов *Константинов П. Я. и др.* // Криосфера Земли, 2006. Т. X. № 3. С. 15–22.

5. *Мажитова Г. Г., Каверин Д. А.* Динамика глубины сезонного протаивания и осадки поверхности почвы на площадке циркумполярного мониторинга деятельного слоя (CALM) в европейской части России // Криосфера Земли. 2007. Т. XI. № 4. С. 20-30.

6. Моделирование и анализ возможностей экспериментальной проверки эволюции термического состояния многолетнемерзлых грунтов / *Малевский-Малевич С.П. и др.* // Криосфера Земли, 2007. Т. XI. № 1. С. 29–36.

7. *Павлов А. В.* Мониторинг криолитозоны. Новосибирск: Издательский дом «Гео», 2008. 229 с.

8. *Шполянская Н. А.* Вечная мерзлота и глобальные изменения климата. М. : МГУ, 2010.
97 с.

UDC 631.95

FERTILITY CHARACTERISTICS OF THE MOUNTAIN-MEADOW SOILS IN GAKH STATE RESERVE

K. A.Gafarbayli
Institute of Soil Science and Agrochemistry of ANAS, Baku
qafarbeyli_konul@mail.ru

The Gakh State Nature Reserve has been created with the purpose of establishing of the lost generation of the animal kinds and fauna preservation in the Ajinohur plain and summer pastures bordering with Ilusu State Nature Reserve by a decision of 16 June 2003 year of the Azerbaijan Republic Ministers Cabinet. The soil cover forms and development in the alp and subalp zone become subordinate to the definite physical-geographical objective laws depending on climate, height, slopes exposition and relief morphology. As a result of research carried out in this area, it was found that the most high fertility Soddy mountain-meadow lands has.

Keywords: *Gakh State Reserve, mountain meadow lands, fertility parametr, washing land, area.*

Introduction

While studying soil cover of the Gakh State Nature Reserve in 2006-2009 the Supporting Points were selected on main and subtypes spreading in the zone and field researches were carried out, 30 cuts are put in 500 m of north-east of the Ilisu village, Saribash village, in 11 numbered area, 300 m aside Saribash village, Talabashi, Khazna, 5 numbered area, Little Armudlu village on the slope of Ulubash mountain, Ingloi-Tandirli and other distinguished supporting Points. It was determined as a result of the researches that the following soil types and subtypes spread in the reserve alp and sub alp zones: 1. Washed primitive mountain-meadow-4142,5 ha(10,49%): 2. Washed Soddy mountain meadow-1230,4 ha (3,11%): 3. Washed mountain meadow steppe-1644.3 ha (4.16%).

The object and methodic

The meadow Landscape of the Nigh mountain spreads in the Gakh State Nature Reserve alp and sub alp zone and forms different windy height zones depending on the relief. The region relief has complex orogeomorphogical structure, exposed to horizontal and vertical decomposition, valley-ravine net density is 3.5-5 km/km^2, the surface inclination reaches 45-60$^/$ in this zone. The displacements, landslides in connection with gravitation process are found in the zones having high

relief inclination, and this causes reduction of the mountain oust meadows area year by year. Washed primitive mountain meadow soils. The primitive mountain-meadow soils formed in the very complex relief condition, high mountainous zone (above 2500 m) of the north-east in the Gakh State Nature Reserve zone, the different soil forming process and weathering types are even observed in the near distance under the same climate condition. For this purpose a condition doesn't create for formation of all the genetic horizons of the zone soils.

The primitive mountain-meadow soils pass into the thin Soddy mountain-meadow soils, these soils usually consist of two layers [2].

The primitive mountain-meadow soil. Spread more widely than the North slopes, because the maternal rocks intensive washing doesn't create an opportunity to collect high inclination humidity, weathering products are carried to the low parts of the slopes on the south, therefore there isn't condition for the whole formation of the all genetic horizons. The primitive mountain-meadow soils spread widely in the summer pasture areas of the north-east Gakh State Nature Reserve zone, general area is 4142,5 ha (7,62%) B and C layers aren't observed in these soils [4]. The humus quantity forms 3,26-4,24% under minimum good condition for the plant residues in the thin A layer (8-12 cm). A quantity of common Nitrogen is according to 0,18-0,25%. A quantity of common phosphorus and Potassium is 0,16-0,20% and 3,14-4,06% on the upper layer (0-20 cm). A quantity of the absorbed bases gathered in clayey schist's of the primitive mountain – meadow soils is 17,25- 23,70 mg.ekv. Ca^{2+} quantity is 8,0-11,5 mg.ekv. Mg^{2+} quantity is 3.0-7.3 mg.ekv in them. The schist's of the Yura period carbonate therefore carbonates aren't observed in these soils. The environment of the soft layer and Litter rocks are neutral reaction and ph parameter becomes 6.5-7.0.

Washed Soddy mountain-meadow soils. The mountain-meadow soils types speeded widely in the Alp and sub alp zone are Soddy mountain-meadow soils, these soils spread on the high mountainous parts mainly on North exposition slopes and their common area is 1230,41 ha (2.27%). Soddy mountain-meadow soils are distinguished by having upper dense Soddy layer provided its firmness against erosion in comparison with the other soils. The mountain meadow soils of the Great Caucasus south-east slopes have been studied by H. A. Aliyev [3]. The Soddy mountain-meadow soils spread on the height of 2000-2200 from sea Level in the Ilisu State Reserve zone, here both the sun energy and the rainfall qualitative are more (one and a half) than north slopes. According to these parameters the Soddy mountain-meadow soils of the ILisu Reserve zone are usually thin and humus quantity on upper layer is high – 5,44–7,29%, strong reduction towards. Low layers is observed: humus quantity is 7,29%, in 2–14 cm of layer according to 7–2 numbered parameters , but this parameter reduces till 1.14% in 45–70 cm of layer.

Reducing of quantity of the humus substances in undersoddy layer is explained by more rainfalls and litter rocks without carbonate on the south slopes than on the north ones. The total Nitrogen quantity shows weak gradual splintering and mineralization of the organic matter in the mountainous zone: 0,20–0,45%.The consequences of the physic-chemical analyses of the cuts taken from mountain-meadow soils of the research object, and the result of the other soil research materials over the same zone are gathered are reflected on by finding a mathematic middle. A mechanical composition of the washed Soddy mountain-meadow soils is light: a quantity of the clayey particals is (<0.01mm) 27,16–33,78 % and strong reduction is observed towards low layers, it is connected with the Soddy layer on the upper part and formation of the low layers from soft schist's. A quantity of the silt particals (< 0,001mm) forms 6,42–13,4% along profile.

As we noted that carbonates aren't observed in these soils in connection with maternal rock structure. A reaction of the soil environment is neutral: ph – 6.5–7.1. The washed Soddy mountain-meadow soils of the research zone don't have higher absorbing capacity-18,80-28,40 mg.kv. It is considered one of the distinguishing characters of the south slope soils from north slope soils in the Great Caucasus. [1]. The researches show that the litter rocks structure and fertility influence on saturation degree of the Soddy mountain-meadow soils with the bases.

Washed mountain-meadow steppe soils. The washed mountain –meadow steppe soils of the Gakh State Nature Reserve passed into mountain-meadow-forest soils depending on the

Fertility characteristics of the mountain-meadow soils

Information	The primitive mountain-meadow soil.		Washed Soddy mountain-meadow soils		Washed mountain-meadow steppe soils	
	İnterval	M	İnterval	M	İnterval	M
Granulometic structure,%, 0-100sm						
<0,01 mm	25,92-30,64	29,36	27,16-33,78	31,57	28,48-40,36	35,61
<0,001 mm	5,08-10,12	7,24	6,42-13,04	9,31	12,0-21,24	17,92
Humus, %						
0-20 sm	3,26-4,24	3,73	4,17-7,66	5,80	4,01-5,16	4,41
0-50sm	2,43-3,55	2,77	2,89-5,51	4,01	2,45-3,85	3,27
0-100sm	-	-	-	-	-	-
Nitrogen, %						
0-20 sm	0,18-0,25	0,21	0,20-0,45	0,32	0,20-0,31	0,25
0-50 sm	0,14-0,20	0,16	0,17-0,31	0,24	0,17-0,26	0,20
Phosphorus, %						
0-20 sm	0,16-0,20	0,18	0,18-0,23	0,21	0,19-0,25	0,22
0-50 sm	0,14-0,18	0,16	0,16-0,21	0,18	0,17-0,21	0,19
Potassium, %						
0-20 sm	3,14-4,06	3,72	4,18-4,57	4,31	3,88-4,36	4,15
0-50 sm	3,28-3,71	3,51	4,02-4,46	4,24	3,62-4,25	4,0
S.U.B. mq -ekv 100 qr t.						
0-20 sm	17,25-23,70	21,74	18,80-28,40	22,72	21,80-25,55	23,11
0-50sm	15,83-19,49	17,41	17,40-25,10	19,05	18,50-23,01	20,70
pH, 0-100sm	6,5-7,0	6,7	6,5-7,1	6,7	6,8-7,2	6,9
$CaCO_3$, %,	-	-	-	-	-	-
Absorbed moisture, %,	2,5-3,5	3,1	9,1-6,45	5,9	3,9-5,02	4,7

microclimate condition and the place relief. The meadow steppe soils are formed in the drier part of the sub alp one and they are situated in the transitional zone from the Soddy mountain-meadow soils to mountain-forest soils. The washed mountain-meadow steppe soils of Gakh State Natural Reserve speread in the Central North Part, around Saribash and form 3,03% of the area (1644,30 ha). Characteristics plant cover is Festuca L. and Stipa L. The steppe soils are distinguished from the other mountain- meadow soils by thin soil layer, little humid substance weak development of plant cover [3].

The humus quantity in these soils according to physic-chemical parameters of the 8–1, 8–2 and 8–3 numbered soil cuts taken from mountain- meadow steppe soils in the Gakh State Nature Reserve is 4,56–5,16% on upper layer, but it is 2,05–2,33% reducing enoughly towards low layers. A quantity of the total Nitrogen and phosphorus is accordingly 0,20–031% and 0.19–0,25% on upper layer, a quantity of the total potassium is 3,88–4,36%. Differing from the meadow steppe soils of the north-east slope of the Great Caucasus the south slope soils, reserve zone soils are washed out from carbonates. Washing out of these soils from carbonates can be explained by micro relief and being the same zone under forest in the past. The soil solution reaction is neutral characteristic: pH – 6,8–7,2 [5].

The mechanical structure of the steppe mountain-meadow soils possesses mean loamy character, the sittyparticals quantity is 28,48–40,36%. An increase of the clayization process from north-west towards south-east is observed along the zone. It is obvious that steppiration process goes along the profile when we notice the consequences of the mechanical structure definition: here dominant fractions are silt and weak dust fractions. Humidity in these soils aren't higher: 3,9–5,02%. The contemporary morphogenetic and bioecological characters have been investigated on the basis.of the collected references and fund material, and private field-soil and laboratorial researches consequences and it was determined that these soils possess high fertility and expose to erosion to different degree

Conclusion

Strong reduction of the rotten substances and correspondingly the humus, quantity in the soddy-mountain meadow soils of the Ilisu State Nature Reserve-Gakh State Nature Prohition can be caused by more atmospheric rainfalls in the south slopes than in the north slopes.

Reference

1. Soil cover and rational use ways of it, AzState Land Structure Project. Baki, 1982. 74 p.

2. *Mammadov G.Sh.* Social-economical and ecological bases of the rational use of Azerbaijan Soil Resources. Baki : Science, 2007. 854 p.

3. *Mammadov G. Sh.* Azerbaijan Soil Resources. Baki: Science, 2002. 132 p.

4. *Babayev M. P., Hasanov V. H.* Classification of Azerbaijan soils and theoretic bases of the nomenclature (methodic recommendation). Baki, 2001. 32 p.

5. *Gafarbayli K. A.* Features of a soil cover in an ecosystem of the Gakh State Reserve // Materials of the "Reflection Bio – Geo-, the Antroposfernykh of Interactions in Soils and a Soil Cover" conference. Vol. 2. Tomsk, 2010. P. 42-45.

УДК 631.4(571.52)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АГРОЗЕМНЫХ ТЕКСТУРНО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ ТУВЫ

В. Н. Жуланова

Тувинский государственный университет, г. Кызыл, zhvf@mail.ru

Рассмотрены результаты основных химических свойств агроземных текстурно-карбонатных почв степных котловин Тувы. Приведены показатели гумусового состояния агроземных текстурно-карбонатных почв, как основного типа почв земледельческой территории Тувы. Показаны результаты 22-летних исследований агроэкологического мониторинга каштановых почв Центрально-Тувинской котловины. Дана оценка химических и физико-химических показателей пахотного слоя агроземных текстурно-карбонатных почв, каштановых типичных почв, в условиях пахотного и пастбищного сельскохозяйственного использования.

Ключевые слова: агрозем текстурно-карбонатный, каштановая почва, гумус, запасы гумуса, плодородие почв.

Введение

История естественных систем Тувы насчитывает не одно тысячелетие. Биогеоценозы постоянно находятся в непрерывной сукцессии и зависят от режима их использования. В сельскохозяйственном использовании находятся преимущественно равнинные части котловин региона, где распространены каштановые почвы. В период (1959–1980 гг.) антропогенно-техногенной эволюции почв в Туве было распахано 493,1 тыс. га [3]. На этих площадях антропогенная трансформация привела к полной замене естественной растительности сельскохозяйственной. Все это способствовало изменение содержания гумуса, почвенной биоты, биологической активности почв и продуктивности, что в свою очередь, оказало влияние на свойства и плодородие почв.

В настоящее время важной экологической проблемой является изменение и ухудшение состояния почвенного покрова от возрастающего антропогенного воздействия. Особенно решению данной проблемы уделяется землям сельскохозяйственного назначения, которые приходят в негодность и не используются человеком.Ведь почвы естественных ландшафтов и сельскохозяйственных угодий крайне неравнозначны как источник минерального питания растений. Поэтому, рассмотрение одной из основной экологической функции почв, которая связанна с химическими свойствами почв является актуальной.

Цель работы – изучение химических и физико-химических свойств современных агроземных текстурно-карбонатных почв [5] (каштановых [4]), как основного типа почв сельскохозяйственной территории Тувы.

Объекты и методы

Объектами исследований служили агроземные текстурно-карбонатные почвы супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава, распространенные в земледельческих районах Центрально-Тувинской котловины.

Для изучения гумусового состояния почвв котловинах региона заложены и изучены более 70 почвенных разрезов. Описаны морфологические признаки почв, по генетическим горизонтам отобраны почвенные образцы для агрохимических и агрофизических анализов.

Основные химические и физико-химические свойства, показатели гумусового состояния почв получены при помощи стандартных методик. Оценку гумусового состояния провели по критериям, предложенным Л. А. Гришиной и Д. С. Орловым [1]. Наименование почв и генетических горизонтов дано по классификациям [4, 5]. Статистическая обработка данных выполнена по программе Statistica.

Обсуждение результатов

Территория Тувы находится в таежно-лесной и степной широтных биоклиматических зонах. Условия формирования почвенного покрова в пределах региона очень разнообразны и поэтому на сравнительно небольшой территории здесь встречаются различные в генетическом отношении почвы – от черноземов дисперстно-карбонатных до бурых типичных.

В степных ландшафтах котловин Тувы преимущественно распространены каштановые почвы. Тип каштановых почв в регионе занимает площадь 1003 тыс. га, из них на подтип каштановых приходится 68% от общей площади этого типа, светло-каштановых – 32%.

Именно они распаханы. Каштановые почвы занимают относительно низко расположенные территории 700–1200 м абс. высоты. Открытые пространства котловин создают благоприятные условия для ветровой эрозии почв.

Тувинские каштановые почвы сформировались на делювиально-пролювиальных и пролювиальных отложениях. Растительный покров на каштановых почвах преимущественно состоит из злаковых ассоциаций, очень изреженный. Засушливость климата котловин отражается на смене почвенного покрова: от темно-каштановых до светло-каштановых. Темно-каштановые содержат гумуса в слое 0–20 см 3–5%, каштановые – 2–3% и светло-каштановые – 1,5–2% [6].

На сельскохозяйственной территории Тувы доминируют агроземы текстурно-карбонатные [2]. Плодородие агропочв, продуктивность сельскохозяйственных культур и депонирования CO_2 в значительной степени определяются гумусовым состоянием почв (табл. 1).

Таблица 1

Статистические параметры содержания гумуса (%) в пахотном слое агроземных текстурно-карбонатных почв земледельческой территории Тувы

Почва	n*	min-max	$X \pm S_x$	S^2	V
Агрочернозем текстурно-карбонатный (темно-каштановая)	46	2,27-4,85	3,44±0,10	0,43	19
Агрозем текстурно-карбонатный (каштановая)	76	1,43-4,50	2,65±0,11	1,03	38
Агрозем текстурно-карбонатный (светло-каштановая)	27	1,42-3,82	2,18±0,15	0,59	35

*Примечание: n – объем выборки, min – минимальное значение, max – максимальное значение, X – среднее значение, S_x – ошибка средней, S^2 – дисперсия, V – коэффициент вариации.

Низкое содержание гумуса в агроземах текстурно-карбонатных обусловлено экологическими условиями почвообразования и легким гранулометрическим составом. В агроценозах на этих почвах отчуждается с урожаем большая доля биомассы и усиливается минерализационный процесс. Следствием являются истощение почв, снижение урожая и необходимость внесения удобрений. Среднее содержания гумуса в агроземах текстурно-карбонатных от 2,18% до 2,65% и варьирование содержания гумуса среднее. Отношение $C_{гк}$:$C_{фк}$ в агроземах текстурно-карбонатных равняется 1,25–1,54.

Самым низким количеством гумуса в ряду каштановых почв отличаются агроземы текстурно-карбонатные или светло-каштановые по классификации 1977 г. [4]. По гранулометрическому составу они являются преимущественно супесчаными почвами и сформировались при участии изреженной ковыльно-типчаковой растительности. Природные условия их распространения характеризуются наибольшей аридностью, недостаточностью увлажнения и малой биологической продуктивностью растительного покрова, что придает светло-каштановым почвам существенные отличия от каштановых и тем более от темно-каштановых. Эти отличия заключаются, прежде всего, в худшем

развитии гумусово-аккумулятивного горизонта и его малой гумусностью (1,42%–2,18%). Поэтому для эффективного использования этих почв для сельскохозяйственных угодий необходимы постоянное регулирование почвенного плодородия и оптимизация минерального питания растений, которое может быть достигнуто внесением удобрений. Ведь почвы естественных ландшафтов и сельхозугодий крайне неравнозначны и особенно по минеральному питанию растений. В это же время происходит распространение прямых воздействий на агропочвы современных процессов эволюции и динамики почв, еще более усложняющими почвенный покров: эрозия, дегумификация, загрязнения и деградации почв.

Запасы гумуса в агроземах текстурно-карбонатных в верхнем слое коррелируют с содержанием гумуса. Запасы гумуса снижаются в ряду агрочерноземы текстурно-карбонатные (темно-каштановые) (72 т/га) > агроземы текстурно-карбонатные (каштановые) (56 т/га) > агроземы текстурно-карбонатные супесчаные (светло-каштановые) (46 т/га).

Агроземы текстурно-карбонатные, доминируя на земледельческой территории Тувы, имеют довольно однородный светло-каштановый или красновато-каштановый цвет гумусового горизонта и белесо-палевый оттенок карбонатного горизонта. Они характеризуются в основном супесчаным и песчаным гранулометрическим составом, реже легкосуглинистым. Отличительной особенностью тувинских агроземных текстурно-карбонатных супесчаных и песчаных почв является отсутствие гипсового горизонта. Это сближает тувинские каштановые почвы с Забайкальскими почвами, но различает их с почвами Хакасии и европейской части России и Казахстана.

Особенности экологических, химических и физико-химических свойств почв Тувы обусловлены резкой континентальностью климата, небольшой мощностью гумусово-аккумулятивного горизонта, легким гранулометрическим составом, развитием эрозии и свойствами почвообразующих пород.

По химическим и физико-химическим свойствам изученные почвы мало отличаются друг от друга (табл. 2). Небольшие различия определяются особенностями экологических условий формирования и генезиса почв. Эти почвы в данном регионе характеризуются неодинаковой интенсивностью проявления почвообразовательных процессов: дернового и аккумуляции карбонатов. Признаки дернового процесса в агроземах текстурно-карбонатных развиваются слабо и поэтому, усиливается процесс аккумуляции карбонатов.

Количественные оценки содержания общего азота и емкости катионного обмена в почвах зависят от содержания гумуса и гранулометрического состава.

Недостаточность атмосферных осадков в районах распространения агроземов текстурно-карбонатных почв обусловливает меньшее, чем на агрочерноземах, развитие биомассы, концентрирование корневой системы в самых верхних слоях почвенного профиля, слабое накопление гумуса и небольшую мощность гумусового горизонта, меньшую глубину промачивания почвы влагой и вымывание солевых продуктов почвообразования. Верхняя граница карбонатного горизонта в любых агроземах текстурно-карбонатных всегда очень резкая. Реакция среды в верхнем горизонте почв нейтральная или слабощелочная, в нижних горизонтах – щелочная. Емкость поглощения (14-30 мг-экв/100 г) коррелирует с количеством гумуса и содержанием физической глины. По составу поглощенных оснований каштановые почвы полностью насыщены кальцием и магнием, со средним отношением Ca:Mg – 3:1.

Содержание общего азота в гумусовом горизонте *PU ($A_{ПАХ}$)* в агроземах текстурно-карбонатных равно 0,14–0,52%. По обеспеченности легкогидролизуемым азотом все почвы характеризуются низким содержанием, а нитратным – от высокого до очень низкого. Отмечается очень высокая обеспеченность подвижными формами фосфора в агроземе текстурно-карбонатном легкосуглинистом, высокая – в агроземе текстурно-карбонатном. По содержанию обменным калием почвы оцениваются средним (агрозем текстурно-карбонатный легкосуглинистый) и низким уровнем обеспеченности (агроземы текстурно-карбонатные супесчаные).

Таблица 2

Основные показатели химических и физико-химических свойств агроземных текстурно-карбонатных почв

Глубина образца, см	%		мг/кг				ЕКО, мг-экв/100 г	pH_{H2O}
	гумус	азот	легкогидр. азот	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O		
Разрез 1. Агрозем текстурно-карбонатный типичный среднепахотный малогумусированный легкосуглинистый, Тандинский район								
0-10	2,20	0,58	56	34	74	228	30	-
10-20	2,00	0,47	57	24	68	124	28	-
25-35	1,24	0,25	58	8	13	96	26	-
35-45	0,95	0,20	-	-	-	-	20	-
60-70	0,24	-	-	-	-	-	-	-
90-100	0,05	-	-	-	-	-	-	-
Разрез 25. Агрозем текстурно-карбонатный типичный мелкий слабогумусированный супесчаный, Улуг-Хемский район								
0-10	1,76	0,14	56	4	24	265	14	7,4
10-20	1,56	0,14	73	4	14	159	14	7,4
20-30	1,28	0,11	56	16	11	113	14	7,4
30-40	0,72	0,08	56	17	10	102	14	7,4
50-60	0,62	-	-	-	-	-	-	-
70-80	0,33	-	-	-	-	-	-	-
90-100	0,40	-	-	-	-	-	-	-
Разрез 4. Каштановая типичная мелкая слабогумусированная супесчаная (светло-каштановая), Кызылский район								
0-10	1,14	0,09	82	5	52	162	-	20
10-19	1,04	0,10	83	2	19	70	-	16
22-32	1,01	0,08	84	2	17	44	-	20
40-50	0,98	0,07	-	-	-	-	-	22
60-70	0,39	-	-	-	-	-	-	-

По материалам других исследователей [7], почвы разного гранулометрического состава обладают разными свойствами. Супесчаные и легкосуглинистые почвы, по сравнению со средне- и тяжелосуглинистыми, имеют меньше содержание гумуса, емкость поглощения, подвижных форм азота, фосфора и калия, а также в более легких почвах меньше возобновляющаяся способность почв [8]. То есть, при одинаковом содержании подвижного фосфора и калия в тяжелых почвах этих элементов в твердой фазе почв выше, а значит выше и потенциальное плодородие почв. Более легкие почвы обладают меньшей буферной емкостью. Это приводит к меньшему поглощению ими продуктов трансформации растительных остатков и к меньшему депонированию углерода. В тоже время почвы более легкого гранулометрического состава более теплые, имеют лучшую аэрацию и более скелетные. В них выше водопроницаемость, но ниже запасы влаги.

С нашей точки зрения, отличие по химическим и физико-химическим свойствам более легких и более тяжелых почв гранулометрического совтава зависят от гидротермических условий территории и степени континентальности. Поэтому степень отличия легких и тяжелых почв в Европейской части России и в Туве конечно отличается, что является одной из провинциальных особенностей агропочв Тувы. С увеличением степени континентальности климата отличия возрастают, что и подтверждается нашими исследованиями.

На рисунке показаны изменения содержания гумуса в пахотном слое агроземов текстурно-карбонатных на реперных участках локального агроэкомониторинга. Как видим,

за 22 года содержание гумуса в слое 0–20 см в исследуемых почвах изменялосьне значительно. Снижение гумуса в каштановых типичных почвах на участках пастбищного использования происходило до 2000 г., после чего наблюдается повышение.

На пашне в 1994 г. содержание гумуса 1,5%, в 1998 г. – 1,46%, в 2016 г. – 1,71%. Содержание обменного калия за 22-летний период соответствует повышенной градации, подвижного фосфора колеблется от средней (1996–1997 гг.) до высокой (2014 г.), а легкогидролизуемого азота – от повышенной в 2000 г. до низкой в 2016 г.

В каштановой типичной почве на пастбище за 22-летний период гумус колеблется от 2,43% в 1994 г. до 2,57% в 2016 г. В период 1994–1997 гг. содержание подвижного фосфора повышенное, в 1998–2008 гг. – среднее, а обменного калия – высокое и повышенное соответственно. Сумма поглощенных оснований в почве за 1994–2016 гг. соответствует средней группировке.

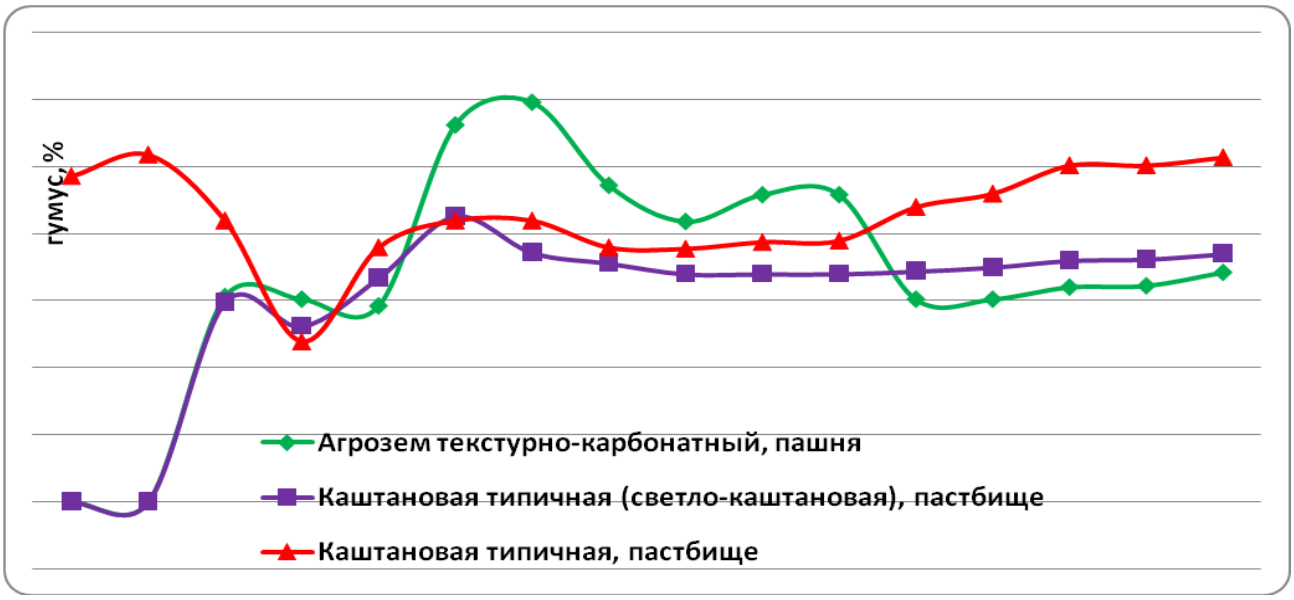


Рис. 1. Динамика изменения содержания гумуса в пахотном слое каштановых почв

В каштановой типичной (светло-каштановой) почве в 1996 г. гумуса содержится 1,49%, в 2016 г. – 1,85%. В слое 0-20 см подвижные формы фосфора и калия за данный период изменяются не значительно и соответствуют средней градации. Емкость поглощения катионов в светло-каштановой почве повышенная.

Таким образом, за 22-летний период получены современные материалы химических и физико-химических свойств агроземных текстурно-карбонатных почв на пашне и пастбище Центрально-Тувинской котловины. Анализ динамики содержания гумуса на пастбище в каштановых типичных почвах на локальных участках в верхнем слое 0–20 см выявил его снижение впервые годы исследования и повышение в последние годы, а на территории занятой под агроценозами снижение гумуса происходит и в настоящее время. Снижение гумуса на пашне обусловлено эрозионными процессами, быстрой минерализацией гумуса, а также малым внесением органических удобрений.

Выводы

1. Среднее содержание гумуса в тувинских агроземах текстурно-карбонатных почвах 2,18–2,65%.

2. Гумусовое состояние агроземов текстурно-карбонатных почв земледельческой территории Тувы по содержанию и запасам гумуса оценивается низким и очень низким уровнями. Наименьшей гумусностью характеризуются агроземы текстурно-карбонатные супесчаные (светло-каштановые).

3. Экологический мониторинг выявил, чтоза период 1994-2016 гг. на пашне в агроземах текстурно-карбонатных в слое 0-20 см идет постепенное снижение гумуса, а в естественных системах – плодородие не снижается.

Литература

1. *Гришина Л. А., Орлов Д. С.* Система показателей гумусного состояния почв. // Проблемы почвоведения. М., 1978.

2. *Жуланова В. Н.* Агроэкологическая оценка почв Тувы: автореф. дис. … докт. биол. наук. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. 46 с.

3. *Жуланова В. Н.* Агрогенная эволюция почв Тувы. Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2016. 232 с.

4. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 224 с.

5. Классификация и диагностика почв России / авторы и составители: Л. Л. Шишов и др. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

6. *Носин В. А.* Почвы Тувы. М: Изд-во АН СССР, 1963. 342 с.

7. Интегральная оценка плодородия почв / *В. И. Савич и др.* М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. 347 с.

8. Оценка способности почв к поддержанию концентрации ионов в почвенном растворе при их отчуждении с урожаем / *В. И. Савич* // Агрохимия. 2002. № 10. С. 5-10.

УДК 631.46

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ БИОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

А. М. Керимов, Ш. А. Мамедова, С. С. Новрузова
Институт почвоведения и агрохимии НАНА, Азербайджан, г. Баку,
azad.kerimov59@mail.ru, shabnam.mamedova@mail.ru, sevanovruzova11.@mail.ru

В статье с позиции энергетики почвообразования представлены данные фитопродуктивности, составлен энергетический баланс агрофитоценоза озимого ячменя, величина радиационного баланса и полноты использования радиационной энергии агроценозом в условиях Сальянской степи. Проведена множественная и парная корреляционная зависимость между приростом растительной массы, радиационным балансом и влажностью почв и в отдельности.

Ключевые слова: агрофитоценоз, фитомасса, радиационный баланс, гранулометрический состав, гумус

Введение

Рациональная интенсификация сельскохозяйственного производства, способная обеспечить плодородие почв и получение стабильного и устойчивого урожаев сельскохозяйственных культур, представляет собой глобальную проблему нашего времени. В соответствии с долговременной комплексной программой развития аграрного сектора экономики Азербайджана, меняется и совершенствуется его структура, получают широкое развитие новые формы организации производства – сельскохозяйственные и агропромышленные предприятия и объединения.

Аккумуляция энергии, поступающей из окружающих источников, негенртопии и информации для постоянно прогрессирующей экосистемы, характерно уменьшение энтоптии, что в свою очередь определяет пути развития почв, агрофитоценозов и экосистемы в целом [1].

Целью наших исканий является определение показателей приходящей солнечной энергии, составление энергетического баланса и выявление величины полноты

использования радиационной энергии агрофитоценозом озимого ячменя, а также выявления зависимости между продуктивностью растения с факторами среды.

На современном этапе особую актуальность приобретает проблема исследования ресурсов биосферы, в частности, определение действительной и потенциально возможной первичной биологической продуктивности фитоценозов, в целях сохранения и восстановления высокопродуктивных растительных сообществ и повышения урожайности сельскохозяйственных культур [2, 3, 4].

Наряду с этим динамика фитомассы агрофитоценозов изучена в относительно меньшей степени. При этом биологическая продуктивность фито- и агрофитоценозов в основном изучена без учета энергетических ресурсов, основное усилие исследователей была направлена изучению круговорота веществ в биогеоценозе. Энергетическая же сторона природных превращений оставалось мало изученной, хотя на важность данного вопроса указал еще А. Г. Дояренко [5]. В основном энергетика почв, фито- и агрофитоценозов обобщена в работах В. Р. Волобуева [6], А. М. Керимова [7, 8]. Между тем, без знания энергетики природных явлений, представления о них будет неполной. Академик А. Е. Ферсман писал: «Энергетический подход к анализу динамически развивающихся процессов природы является конечной целью наших исканий. Мы должны перейти на единое мерило определения хода процесса, причем таковым может быть или калория, или киловатт» [9].

Радиационный и тепловой балансы деятельной поверхности являются важными факторами в жизнедеятельности растений, под непосредственным влиянием которых протекает жизнь и развитие растений и формируется урожай.

Н. И. Базилевич и Л. Е. Родин [10] пишут, что связи биологической продукции с условиями увлажнения носит различный характер в зависимости от количества тепла. При высокой теплообеспеченности (более 35–40 ккал/см^2 год) важнейшим фактором, регулирующим биологическую продуктивность, является влага, при низкой теплообеспеченности (до 35–40 ккал/см^2 год) избыток влаги снижает производительность фитоценозов.

Объект и методы

Исследования проводились на сероземно-луговых почвах Сальянской степи, входящий в Кура-Аразскую низменность, граничащей с запада р. Аккуша, с востока Каспийским морем и с севера Гызылагадским заливом общей площадью 149 тыс. га, среди которых 46 тыс. га приходиться на долю сельскохозяйственных насаждений (рис. 1).

Территория представлена аллювиальными отложениями рек и морских отложений IV периода Кайнозойской эры. Рельеф местности равнинный и возвышается от -26 м до 200 м над уровнем моря.

Рис. 1. Восковая спелость и жатва

Климат полупустынный и сухостепной с жарким сухим летом. Средняя температура воздуха 14,6°С, средняя температура самого жаркого месяца 26,2–26,4°С (июль–август), самого холодного месяца 2,2–4,0°С (январь-февраль). Среднемноголетнее количество осадков 187–309 мм, а относительная увлажненность 62–81% [11].

Растительность представлена ксерофитными формациями полынно-эфемерового сообщества и гидрофильными в заболоченных территориях.

Почвы представлены сероземно-луговыми, лугово-сероземными, лугово-болотными, солончаками и песками и по гранулометрическому составу характеризуются глинистыми, суглинистыми и супесчаными фракциями. Количество гумуса колеблется 1,2–2,8%, постепенно понижаясь к нижним горизонтам.

Реакция среды оказывает значительную роль в питании растений и интенсивности протекания биологических процессов в почве. pH орошаемых сероземно-луговых почв объекта исследований указывает на щелочную среду, составляя в пахотном слое (0–25 см) 8,0, понижаясь на 25–50 см слое до 7,4–7,6. $CaCO_3$ также подвергается изменению с увеличением глубины от 20,14 до 23,14%, оцениваясь по градации Р. Г. Мамедова [12] как средне карбонатные.

По гранулометрическому составу сероземно-луговые почвы среднесуглинистые, с содержанием физической глины 47,60-47,84%.

На орошаемых сероземно-луговых почвах в комплексе поглощенных оснований доминирует Ca (68–76%), Mg несколько меньше (25–22%), а показатели Na составляют 1,11–1,17% от суммы, в верхнем пахотном слое (0–25 см) она соответствует 3,99% – несолонцеватые, а с увеличением глубины 25–50 см достигает до 6,61% – слабо солонцеватые.

Сумма поглощенных оснований в комплексе 27,79–28,79 мг/экв и оцениваются удовлетворительным.

По данным литературных источников запасы фитомассы суши составляет $2{,}4 \times 10^{12}$ т (в океане 2×10^{8} т); запасы подстилки и торфа на порядок ниже общего количества фитомассы на планете и соответственно составляет $1{,}9 \times 10^{11}$ и $2{,}2 \times 10^{11}$т, годичная продукция Земли ровна $2{,}3 \times 10^{11}$ т и на 74% определяется надземными растительными сообществами [13].

В Азербайджане первые исследования по определению запасов фитопродуктивности также изучены в достаточной степени. И. А. Щипанова [14] отмечает, что в субтропической зоне Азербайджана общая биомасса (надземная и подземная) увеличивается от полупустынных биогеоценозов (168–284 ц/га) к степным (193–460 ц/га) и далее к лугово-степному (358–738 ц/га), в лесо-луговом сильно остепненном и на поляне в лесу она

составляет 272 ц/га. Подземная часть биомассы в субтропических безлесных биогеоценозах преобладает над надземной, с колебанием в полупустыне от 2,9 до 9,8 раз, в степи – от 12,7 до 21,5 раз, в луговой степи от 2,7 до 11 раз, в травянистом покрове лесо-лугового сильно остепненного биогеоценоза до 8,1 раза.

В наших исследованиях в 2016 г. изучена фитопродуктивность агрофитоценоза ячменя на 4,0 га площади, в двух вариантах – N150 P150 K 100 и N200 P200 K150, на примере фермерского хозяйства, где наряду с физическими, химическими и физико-химическими свойствами сероземно-луговых почв, характеристика которых изложено выше.

При этом за вегетационный период общая фитомасса агрофитоценоза составила при дозе удобрений N_{150} P_{150} K_{100}и N_{200} P_{200} K_{150} соответственно 391,6 и 346,3 ц/га. Известно, что для оценки роли фитомассы (естественных сообществ) в почвообразовательных процессах огромное значение имеет определение годичного прироста (опада) надземной и подземной массы растения.

В литературе многие исследователи на основании косвенных показателей условно принимают, что прирост и разложение корней (за год) в степных сообществах равны 1/3 от общей массы. Другие же предлагают метод разностей, третьи – метода последовательного суммирования положительных разностей [15].

В наших исследованиях мы оценивали величины прироста по методике, предложенной В. Р. Волобуевым [16], – дифференциального анализа кривой динамики растительных веществ в биогеоценозе, помощью которого на основе экспериментальных данных можно определить прирост растительного вещества для каждого месяца. В данном случае установлено, что действительный прирост растительного вещества агрофитоценоза ячменя в данных условиях за вегетационный период соответственно вариантам N_{150} P_{150} K_{100} и N_{200} P_{200} K_{150} составил 129,3 и 129,5 ц/га.

Для выявления количества энергии, аккумулированной в приросте растительного вещества, необходимо знать данные о теплоте сгорания растительной массы. По данным калориметрических определений установлено, что в растительной массе ячменя в среднем (стебель, корни, листья, опад) аккумулировано 3957 кал/г сухого вещества [17].

Исходя из этих данных и темпов прироста растительной массы, можно охарактеризовать динамику накопления и расхода энергии во времени. Выявлено, что за вегетационный период накопление энергии в массе ячменя составила 517,2 и 518,0 кал/см^2 (соответственно вариантам). При этом наибольшее накопление энергии приходиться на фазу восковой спелости 242,0 и 240,6 ккал/см^2, а наименьшее на фазу всходов- 8,4 и 9,2 ккал/см^2 (табл. 1).

Для составления энергетического баланса необходимо рассчитать энергетические затраты на суммарное испарение. Исходя из средних значений величины затрат энергии на скрытую теплоту парообразования в 580 ккал/см^3, определен общий расход энергии на испарение за 2016 г. в размере 29806 ккал/см^2. При этом наибольший расход энергии на суммарное испарение приходиться на фазу полной спелости 5881 ккал/см^2, а наименьшая к фазе всходов – 928 ккал/см^2.

Исходя из данных энергии аккумулированной в чистой первичной продукции и расход энергии на суммарное испарение, была определена основная величина затраты тепла на почвообразование, что в данном случае составила 30323 ккал/см^2 (табл. 1).

Сопоставив изменение величины энергии, расходуемой в агрофитоценозе ячменя на построение растительного вещества и испарение с величиной радиационного баланса, установлено, что в сумме за вегетационный период, агрофитоценозом использовано 0,67 (или 67%) всей наличной радиационной энергии, при радиационном балансе 51,92 ккал/см^2.

На основе данных по радиационному балансу и суммарному испарению предыдущих исследователей, включая и наши экспериментальные данные, также построена интегральная кривая полноты использования радиационной энергии агроценозом озимого ячменя (рис. 2). Следует отметить, что эта типовая среднемноголетняя величина на пространстве Кура-Аразской низменности за год составляет 0,55 при радиационном балансе 52,50 ккал/см^2.

Таблица 1

Энергетический баланс на основе данных по динамики растительной массы и суммарного испарения на агроценозе ячменя, орошаемых сероземно-луговых почв при дозах удобрений N150 P150 K100 (2016 г.) N200 P200 K150

№	Показатели	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1	Динамика растительной массы (ц/га)	24,3	28,5	32,7	37,8	114,4	153,9	---	---	---	---	---	---	391,6
		22,2	26,7	30,0	35,8	96,2	135,4	---	---	---	---	---	---	346,3
2	Прирост растительной массы, ц/га	2,1	3,2	4,5	8,7	60,5	50,3	---	---	---	---	---	---	129,3
		2,3	4,0	6,1	6,4	60,2	50,5	---	---	---	---	---	---	129,5
3	Накопление энергии раст.веществе, кал/см^2	8,4	12,8	18,0	34,8	242,0	201,2	---	---	---	---	---	---	517,2
		9,2	16,0	16,4	25,6	240,8	202	---	---	---	---	---	---	518,0
4	Осадки, мм	30,6	17,2	43,5	23,4	21,8	3,7	0,0	0,0	2,4	9,8	22,5	28,7	203,6
5	Суммарное испарение по водному балансу, мм	16,0	29,3	46,0	67,4	91,0	101,4	60,2	32,4	20,9	19,3	16,3	13,7	513,9
6	Расход энергии на сумм. испар., кал/см^2	928	1699	2663	3909	5278	5881	3492	1879	1212	1119	945	795	29806
7	**Затраты энергии на почвообр., кал/см^2**	936	1712	2686	3944	5520	6082	3492	1879	1212	1119	945	796	30323
		937	1715	2684	3935	5519	5962	3492	1879	1212	1119	945	795	30324
8	Отн. доля энергии от затр. энергии на почвообр.аккум. в раст.в-ве, %	0,9	0,75	0,67	0,88	4,38	3,31	---	---	---	---	---	---	1,71
		0,98	0,93	0,61	0,65	4,36	1,35	---	---	---	---	---	---	1,71

Обозначив общий расход энергии в агрофитоценозе ячменя на процессы, связанные с почвообразованием через Q и R – радиационный баланс, можно написать:

Q = 0,55 R

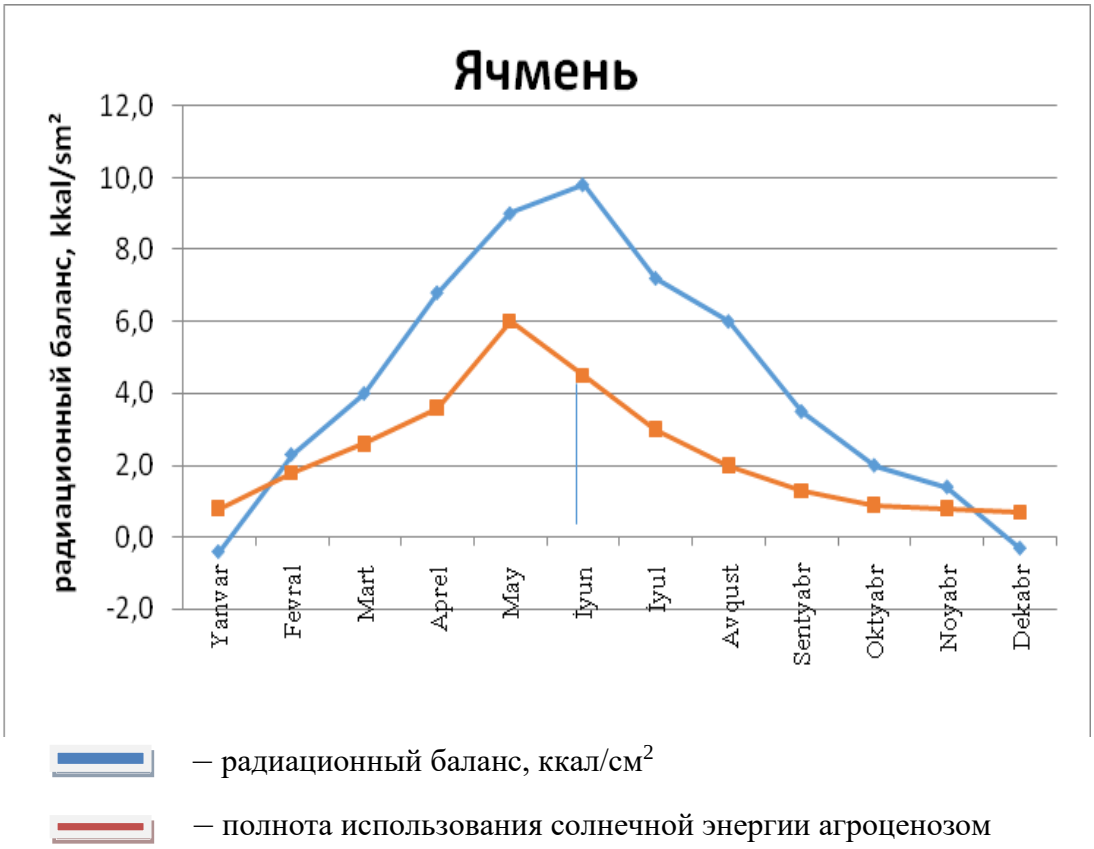


Рис. 2. Интегральная кривая полноты использования радиационной энергии агроценозом озимого ячменя

Опираясь на результаты вариационной статистики на агрофитоценозе ячменя, коэффициент корреляции между приростом растительной массы, радиационным балансом влажностью почв, составляет r = 0,94. В данном случае ошибка коэффициента корреляции составила mr = 0,17. Установлено, что для формирования агрофитоценоза ячменя влияние этих двух факторов достаточно высоко (r^2=0,88%). Коэффициент корреляции (r) на агрофитоценозе ячменя определен для интервала влажности почвы в пределах от 22,7% до 26,3% (табл. 2).

Таблица 2

Множественная и парная корреляционная зависимость между приростом растительной массы, радиационным балансом и влажностью почвы на орошаемых сероземно-луговых почвах Сальянской степи

Уравнение регрессии	r	mr	tr
У= 1,56X + 6,29Z –176,83	0,94	0,17	5,53
Корреляционная связь между приростом растительной массы и радиационным балансом			
У= -3,71+2,76	0,89	0,23	3,87
Корреляционная связь между приростом растительной массы и влажностью почвы			
У = 9,75-11,24 Z	0,89	0,23	3,87

X – радиационный баланс, Z – влажность почвы, r – коэффициент корреляции, mr– ошибка коэффициента корреляции, tr – критерий существенности коэффициента корреляции.

При парных корреляциях между приростом растительной массы и радиационным балансом, коэффициентом корреляции r = 0,89, а mr = ±0,23, а при оценке зависимости продуктивности от влажности почв, коэффициент корреляции также составила r = 0,89, при mr = ± 0,23.

Выводы

1. Установлено, что рост и развитие агроценоза озимого ячменя на 88% зависит от радиационного баланса и влажности почв, а оставшиеся 12% вероятно зависят от физико-химических свойств почв, агротехники и др.факторов. А также для полного использования радиационных резервов, можно использовать земли для получения дополнительного урожая под сорго, рапс и кукурузы на силос.

2. Выявлено, что при увеличении доз минеральных удобрений и соответственно технологических затрат, относительная доля энергии на почвообразование, аккумулированной в растительном веществе в обеих вариантах составила 1,71%, что в свою очередь уже может служить предпосылкой для внесения минеральных удобрений в дозе $N_{150}P_{150}K_{100}$ и уменьшению технологических затрат.

Литература

1. *Волобуев В. Р*. Экология почв. Баку : Элм, 1963. 259 с.
2. *Алиев С. А.* Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества почв. Баку : Элм, 1978. 253 с.
3. *Ковда В. А., Якушевская И. В.* Биомасса и продуктивность некоторых ландшафтов суши // Биосфера и ее ресурсы. М. : Наука, 1971. С. 447, 468.
4. *Родин Л. Е., Базилевич Н. И*. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. М.-Л. : Наука,1965, 253 с :
5. *Дояренко А. Г*. Исследование солнечной энергии полевыми культурами // Изб. соч. М. : Сельхозиздат, 1963. 86 с.
6. *Волобуев В. Р.* Почвы и климат. Баку : Изд. АН Азерб. ССР, 1953. 320 с.
7. *Керимов А. М*. Энергетика почв, фито- и агрофитоценозов в условиях севооборота на примере Северной Мугани : автореферат канд. дисс. Баку, 1986. 25 с.
8. *Керимов А. М., Гулиева Б. Т.* Распределение экоэнергетических показателей по природным комплексам Азербайджана // Сб. науч. Тр. Инс. водного хозяйства. Тбилиси, 2014. № 69. С. 273-277.
9. *Ферсман А. Е*. Избранные труды. Т. 4. М. : Изд. АН СССР, 1958. 588 с.
10. *Базилевич Н. И., Родин Л. Е.* Географические закономерности и круговорота химических элементов в основных типах растительности суши // Общие теоретические проблемы биологической продуктивности. М. : Наука, 1969. С. 23-33.
11. *Шихлинский Э. М*. Климат Азербайджана. Баку : Элм, 1969. 340 с.
12. *Мамедов Р. Г.* Агрофизическая характеристика почв Прикуринской полосы. Баку, 1970. 276 с.
13. *Базилевич Н. И.* Продуктивность и круговорот элементов в естественных и культурных фитоценозах (по материалам СССР) // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л. : Наука, 1971. С. 5-12.
14. *Щипанова И. А.* Изменение биомассы безлесных биогеоценозов субтропической зоны Азербайджана // Изв. АН Азерб. ССР. Сер. биол. наук. 1971. № 4. С. 54-59.
15. *Вагина Т. А., Шатохина Н. Г.* Особенности накопления фитомассы в разных типах растительности Барабинской низменности // Геоботанические исследования в западной и средней Сибири. Новосибирск : Изд. СО АН СССР, 1971. С. 163-191.
16. *Волобуев В. Р.* Введение в энергетику почвообразования. М. : Наука, 1974. 127 с.
17. *Зейналов Ю. А.* Энергетика почв и агрофитоценозов в условиях Восточной Ширвани : автореферат канд. дисс. Баку, 1980. 25 с.

УДК 631.41:631.445.12

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПРОЙДЕННЫХ ПОЖАРАМИ БОЛОТНЫХ УГОДИЙ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ О. САХАЛИН

Д. Н. Липатов, А. И. Щеглов, Д. В. Манахов
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва,
dlip@soil.msu.ru

Исследована неоднородность почвенного покрова болотных угодий на территории площадью 0,5 км^2 на северо-востоке о. Сахалина. Рассмотрено профильное распределение и пространственное варьирование свойств торфяных олиготрофных, торфяных олиготрофных глеевых почв и торфяно-глееземов пирогенных, сформированных в условиях локальных пожаров в болотных ландшафтах. В пирогенных горизонтах почв происходит резкое увеличение зольности, долгосрочное снижение кислотности, формируется дефицит доступных форм азота и калия.

Ключевые слова: торфяные почвы, верховые болота, почвенный профиль, пространственное варьирование.

Введение

Пожары в болотных экосистемах представляют особую опасность для окружающей среды. Воздействие огня приводит к необратимым нарушениям растительного и почвенного покрова. Пирогенная деградация торфяных почв резко ухудшает их биологические, физические и химические свойства [2, 3], что значительно снижает экологические функции болотных ландшафтов. Оценка современного экологического состояния пирогенных почв и их постпирогенной трансформации является актуальной исследовательской задачей.

Вследствие пожаров может кардинально изменяться строение почвенного покрова болотных угодий. Интенсивность пожаров часто не равномерна по площади ландшафта. Ф. Р. Зайдельман и А. П. Шваров выделяют тотальное и локальное выгорание торфяных почв [4]. В условиях локального пирогенеза формируются комплексы, включающие почвы, в разной степени пройденные пожарами, и почвы, практически не затронутые этим явлением. В качестве последних на болотных угодьях могут выступать приуроченные к мезо- и микропонижениям, наиболее обводненные почвы, что позволяет им уберечься от горения [2]. Исследование неоднородности почвенного покрова, сформированной на пройденных пожарами болотных угодьях, необходимо дляизученияпространственного строения этих антропогенно-природных образований.

В Сахалинской области болота занимают 6.42 тыс. км^2, что составляет около 7.5% общей площади территории. Запасы торфа на острове Сахалин оцениваются в 5.8 млрд т. В северной части о. Сахалина многие заболоченные территории подвергались пожарам. Изучение свойств пирогенных почв болотявляется важной задачей для определения природного и хозяйственного статуса этих угодий, прогноза их дальнейшегоразвития.

Объекты и методы

Работа проводилась в 2011 году на территории Ногликского района Сахалинской области. Исследованы болотные угодья, расположенные в 3 км к югу от озера Ватунг (51°26' с.ш., 143°24' в.д.). Крупные пожары на этой территории отмечались в 1998 году.

Площадь исследованного участка составляла 0,5 км^2, на нем было заложено 25 точек по равномерной схеме опробования. В каждой точке выполнялась почвенная прикопка, а для основных выявленных типов почв исследовано 3 опорных разреза. В прикопках проводилось морфологическое описание почв и отбор образцов из двух верхних горизонтов: очеса и нижележащего подподстилочного. В разрезах выполнялось морфологическое описание и отбор проб по всему почвенному профилю.

В почвенных образцах проводилось определение физико-химических и химических показателей: pH – потенциометрически в солевой вытяжке на иономере И-160;

гидролитической кислотности – по методу Каппена в модификации ЦИНАО; зольности – с помощью озоления навесок в муфельной печи и прокаливания зольного остатка при температуре 540 ºС; содержания органического вещества почв (гумуса) – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО; подвижных соединений фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

Обсуждение результатов

Почвенный покров на исследованной территории сформирован торфяными олиготрофными, торфяными олиготрофными глеевыми почвами, а также торфяно-глееземами пирогенными [5]. Эти болотные ландшафты в прошлом неоднократно подвергались воздействию пожаров, в результате которых торфяные олиготрофные и торфяные олиготрофныеглеевые почвы частично или полностью утратили залегающие на поверхности верхние органогенные горизонты. Такие почвы были диагностированы как торфяно-глееземы пирогенные. На основе определения почв по разрезам и прикопкам была составлена почвенная карта (рис. 1).

Торфяные олиготрофные почвы ($Т_о$) занимают около 20% общей площади участка. Торфяные олиготрофные почвы имеют мощность органогенной толщи более 100 см, которая подстилается глеевыми горизонтами. Эти почвы выделены в центральной части верхового торфяного болота под пушицево-кустарничково-сфагновыми фитоценозами с сильно изреженным редколесьем угнетенных низкорослых лиственниц. В кустарничковом ярусе преобладают багульник и голубика. Профиль исследованных торфяных олиготрофных почв слабо дифференцирован, в опорном разрезе имел следующее строение: О (0–7 см) – ТО1 (7–23) – ТО2 (23–40) – ТО3 (40–73) – ТО4 (73–110). Степень разложения торфа увеличивается вниз по почвенному профилю: горизонты ТО1 и ТО2 характеризовались слабой степенью разложения, горизонты ТО3 и ТО4 – средней степенью разложения.

Торфяные олиготрофные глеевые почвы ($Т_{ог}$) занимают около 35% общей площади участка. Торфяные олиготрофные глеевые почвы имеют мощность органогенной толщи 50–100 см. Эти почвы распространены преимущественно по краям верхового болота под кустарничково-сфагновыми фитоценозами. Торфяные олиготрофные глеевые почвы также выявлены по ложбинам вблизи мелких ручьев под осоково-кустарничково-сфагновыми фитоценозами и в угнетенном пихтово-лиственничном разнотравно-мохово-кустарничковом лесу. В разрезе профиль торфяных олиготрофных глеевых почв имел следующее строение: О (0–7 см) – ТО1 (7–20) – Т (20–52) – G1hi (52–63) – G2 (63–90). Торфяные горизонты подстилаются глеевыми горизонтами, их гранулометрический состав – средне- и тяжелосуглинистый. В самой верхней части глеевой толщи под торфяными горизонтами отмечается прокраска органическим веществом, что позволило выделять глеевый потечно-гумусовый горизонт – G1hi.

Торфяно-глееземы пирогенные ($Г_т^{пи}$) имеют укороченный органогенный профиль вследствие его частичного сгорания в результате пожаров. Торфяно-глееземы пирогенные выделены под пройденными пожарами болотными растительными сообществами. На таких участках отмечается горельник одиночных низкорослых лиственниц и кедрового стланика. Выросшие в постпирогенный период, кустарнички и сфагнум не формируют сплошного покрова. Торфяно-глееземы пирогенные занимают около 45% площади обследованного участка. Главным их морфологическим признаком является полное или частичное отсутствие очеса и торфяных горизонтов, уничтоженных пожарами. В опорном разрезе профиль торфяно-глееземов пирогенных имел следующее строение: $О^{pir}$ (0–5 см) – $ТО^{pir}$ (5–18) – G1hi (18–40) – G2 (40–58) – G3 (58–85). За 12-летний постпирогенный период в верхней части профиля этих почв сформировались пирогенезированные горизонты $О^{pir}$ и $ТО^{pir}$, претерпела изменения верхняя часть минеральной толщи (G1hi). В этих горизонтах, как вновь образованных, так и остатках от сгоревших слоев, встречаются прослои золы.

Конфигурация распространения горельников и выделенных контуров торфяно-глееземов пирогенных совпадает и, по-видимому, отражает прохождение пожара

по центральной и восточной части исследованного участка (рис. 1). При этом в мезопонижении, вытянутом в северо-восточном направлении, и вблизи мелких ручьев торфяные олиготрофные и торфяные олиготрофные глеевые почвы не были затронуты пожаром вследствие своей сильной обводненности.

В нашей работе проводилось исследование профильного распределения и пространственного варьирования свойств в торфяных олиготрофных, торфяных олиготрофных глеевых почвах и торфяно-глееземах пирогенных. Изменения свойствв профилях исследованных почв происходят по генетическим горизонтам (табл. 1). В горизонтах торфяной олиготрофной почвы преобладает очень сильнокислая реакция среды, что характерно для условий олиготрофного торфообразования, в особенности для торфов моховой группы. Н. В. Властова связывала очень кислые условия почвенной среды в торфяниках Сахалина с крайней бедностью кальцием в подстилающих породах [1]. Результаты наших исследований показывают, что очень сильнокислая реакция среды типична не только для торфяных, но и для глеевых горизонтов этих почв.

Гидролитическая кислотность была максимальной в органогенных горизонтах, не затронутых пирогенными процессами. Вниз по профилюв глеевых горизонтах этот показатель многократно снижается.

Низкая зольность верхних торфяных горизонтов, составившая 2–5%, характерна для олиготрофного типа торфообразования. При этом зольность торфяных горизонтов ТО1 и ТО2 самая низкая, она в 2–3 раза меньше, чем в очесе (табл. 1). Нижележащие торфяные горизонты имеют среднюю степень разложения, при этом их зольность повышается до 30–60%. В верхних горизонтах торфяно-глеезема пирогенного зольность значительно возрастает. В горизонте $ТО^{pir}$, сформированном на месте сгоревшего торфяного горизонта, она достигает 90,5%. Увеличение зольности в результате сгорания растений, очеса и торфяных горизонтов отражает резкое уменьшение запасов органического вещества в экосистеме болотного угодья после пожара. На исследованном участке потери торфа в результате пожаров составили около 50–200 кг/м^2.

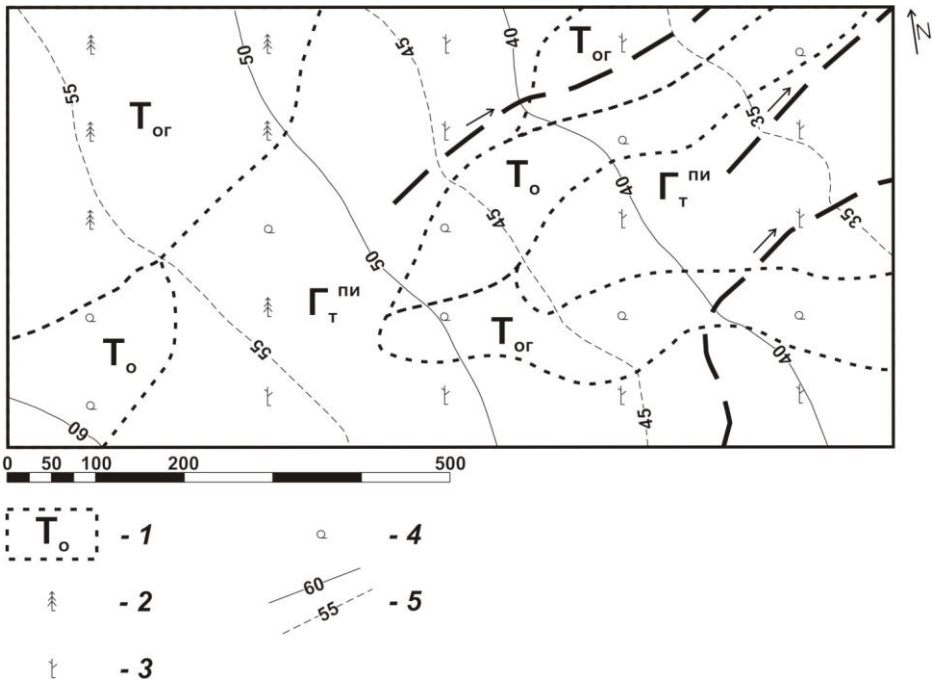


Рис. 1. Почвенная карта территории исследованного участка: 1 – почвенные контура ($Т_о$ – торфяные олиготрофные почвы; $Т_{ог}$ – торфяные олиготрофные глеевые; $Г_т^{пи}$ – торфяно-глееземы пирогенные); 2 – лес; 3 – горельник; 4 – редколесье; 5 – горизонтали

Таблица 1

Распределение физико-химических и химических показателей по профилям исследованных болотных почв

Горизонт (глубина, см)	pHсол	Hгидр, ммоль/100 г	Зольность, %	Содержание гумуса, %	P2O5, мг/кг	K2O , мг/кг
	Торфяная олиготрофная почва					
O (0-7)	3,06	119,5	11,5		89	1050
TO1(7-23)	3,04	121,7	3,5		11	123
TO2(23-40)	2,98	133,8	2,4		9	123
TO3(40-73)	3,60	85,7	32		10	164
TO4 (73-110)	3,45	98,4	59		10	170
	Торфяная олиготрофная глеевая почва					
O(0-7)	2,90	149,5	9,0		30	636
TO1 (7-20)	2,85	138,6	5,0		12	149
T2 (20-52)	3,15	143,4	29,0		13	53
G1hi (52-63)	3,44	28,6		4,18	3	52
G2 (63-90)	3,52	20,2		0,30	2	121
	Торфяно-глеезем пирогенный					
O^{pir} (0-5)	4,57	28,0	66,4		338	391
TO^{pir}(5-18)	3,27	27,0	90,5	4,90	5	86
G1hi (18-40)	3,28	10,4		2,45	4	27
G2 (40-58)	3,11	31,1		1,66	2	31
G3 (58-85)	2,97	19,0		0,77	3	62

Профильное распределение содержания подвижных форм фосфора и калия имеет выраженный максимум в горизонте очеса для всех исследованныхторфяных почв, что связано с корневым питанием и аккумуляцией этих элементов растениями. В нижележащих торфяных и глеевых горизонтах содержание подвижных форм этих элементов резко снижается (табл. 1). В условиях очень сильнокислой реакции среды, особенно при pH KCl = 2–3, происходит значительное поглощение фосфат-ионов гидроксидами железа и алюминия. В пирогенной почве для горизонта О зафиксировано повышение содержания подвижного фосфора, но снижение содержания подвижного калия. Ф. Р. Зайдельман с соавторами [3] отмечали, что непосредственно после пожара пирогенные горизонты характеризуются повышенным содержанием калия и фосфора, однако уже через несколько лет прослеживается вынос подвижного калия по всему профилю. Полученные в нашей работе результаты подтверждают, что за 12-летний период после пожара отмечается значительное снижение запасов подвижного калия во всех горизонтах пирогенной почвы по сравнению с не затронутыми пожарами аналогами.

Пространственное варьирование свойств торфяных почв оценивалось для отдельных подтипов торфяных почв на основе вычисления статистических характеристик и определения законов распределения с помощью критерия Колмогорова-Смирнова (табл. 2). С целью сопоставления почвенных показателей в трех выделенных группах торфяных почв проводилась проверка гипотез об их статистической однородности с помощью критерия Манна-Уитни.

На исследованном участке размах пространственного варьирования pH KCl в торфяных почвах составил: для очеса – около 2,2 единиц pH, для нижележащего слоя – около 0,8 единиц pH. Наиболее кислыми являются торфяные олиготрофные почвы. В пирогенных почвах среднее значение кислотности очесов повышается до сильнокислой, а максимальные значения – до слабокислой реакции почвенной среды (табл. 2). С помощью критерия Манна-Уитни для выделенных групп почв отмечено статистически значимое различие (p=0,05) pH KCl в очесе: $T_о < T_{ог}$ и $T_{ог} < T_г^{пи}$; в подподстилочном слое: $T_о < T_{ог}$ и $T_о <$

$Т_г^{пи}$. Подщелачивание верхних горизонтов, отмечаемое после пожаров, объясняется высоким содержанием в золе углекислого калия (поташа) и углекислых солей щелочноземельных металлов [2]. Результаты наших исследований свидетельствуют, что даже спустя 12 лет после пожара пирогеннные горизонты сохраняют менее кислую реакцию среды, чем соответствующие верхние горизонты торфяных почв.

Коэффициенты вариации pH KCl в очесе выше, чем в подподстилочном горизонте, для всех выделенных групп торфяных почв (табл. 2). Варьирование кислотности очеса может отражать пространственную структуру растительного покрова и сукцессионные процессы болотных экосистем. Торфяные олиготрофные почвы проявляют наименьшую степень варьирования pH KCl в обоих верхних горизонтах. Для торфяных олиготрофных глеевых почв распределение pH KCl в очесе не подчинялось нормальному закону, а характеризовалось двумодальностью. При этом среднекислая реакция среды в нескольких точках была связана с их приуроченностью к ложбинам, в растительном покрове которых значительное покрытие составляет мезотрофная осоковая растительность.

Наибольшие величины гидролитической кислотности характерны для торфяных олиготрофных почв, несколько ниже они для торфяных олиготрофных глеевых и резко снижаются для торфяно-глееземов пирогенных. С помощью критерия Манна-Уитни для выделенных групп почв отмечено статистически значимое различие (p=0,05) показателя гидролитической кислотности в очесе: $Т_о > Т_г^{пи}$ и $Т_{ог} > Т_г^{пи}$; в подподстилочном слое: $Т_о > Т_г^{пи}$ и $Т_{ог} > Т_г^{пи}$. Снижение среднего значения гидролитической кислотности в пирогенных горизонтах сопровождается увеличением коэффициента вариации (табл. 2). Логнормальное распределение показателя в очесе пирогенных почв указывает на наличие проб с высокими значениями гидролитической кислотности, которые сформированы растительными остатками, накопленными в постпирогенный период и не включавшими примесь золы.

В условиях локального пирогенеза формируется почвенный покров с очень контрастными по зольности верхними горизонтами. Наименьшая зольность отмечается для торфяных олиготрофных почв. Для торфяно-глееземов пирогенных зольность резко возрастает, максимальные значения зольности зафиксированы в пробах с прослоями золы. С помощью критерия Манна-Уитни для выделенных подтипов почв отмечено статистически значимое различие (p=0,05) зольности в очесе: $Т_о < Т_г^{пи}$ и $Т_{ог} < Т_г^{пи}$; в подподстилочном слое: $Т_о < Т_{ог} < Т_г^{пи}$. Рассчитанные коэффициенты вариации зольности указывают на высокую степень варьирования этого показателя даже в пределах отдельных почв (табл. 2). Логнормальный закон распределения, зафиксированный для очеса торфяных олиготрофных почв и горизонта ТО торфяных олиготрофных глеевых почв, показывает, что в них наряду с низкими значениями отмечены единичные высокие значения зольности. По-видимому, следы пирогенных явлений могут фрагментарно проявляться в торфяных почвах с полнопрофильными органогенными горизонтами.

Таблица 2

Статистические характеристики пространственного варьирования физико-химических и химических показателей в верхних горизонтах торфяных почв

Статистические характеристики	pH KCl		Нгидр, ммоль/100 г		Зольность, %		P2O5, мг/кг		K2O , мг/кг	
	Торфяная олиготрофная почва									
Горизонт	О	ТО	О	ТО	О	ТО	О	ТО	О	ТО
Среднее	3,25	3,02	120,8	142,2	15,9	8,6	74,6	12,2	592,4	92,0
Стандартное отклонение	0,16	0,07	26,8	29,6	12,4	4,9	70,0	13,4	209,1	27,4
Коэффициент асимметрии	0,5	-1,4	-0,6	1,3	1,9	2,2	1,3	2,2	1,5	0,2
Коэффициент эксцесса	-2,4	1,8	-3,3	0,7	3,9	5,0	1,1	4,7	1,9	0,8
Коэффициент вариации, %	4,8	2,4	22,2	20,8	78,1	56,5	93,9	109,9	35,3	29,8
Закон распределения	N	N	–	N	LN	N	N	LN	N	N

	Торфяная олиготрофная глеевая почва									
Горизонт	O	TO	O	TO	O	TO	O	TO	O	TO
Среднее	3,54	3,32	114,8	113,2	16,3	13,7	142,0	14,2	542,0	160,4
Стандартное отклонение	0,63	0,18	30,5	34,4	8,9	11,6	297,2	13,2	161,0	74,1
Коэффициент асимметрии	1,6	1,1	-0,8	-1,9	0,3	1,3	2,9*	1,5	0,3	1,0
Коэффициент эксцесса	1,4	1,5	0,5	3,7	-1,5	0,6	8,5*	1,8	0,6	0,4
Коэффициент вариации, %	17,8	5,5	26,6	30,4	54,7	84,4	209,3	93,3	29,7	46,2
Закон распределения	–	N	N	–	N	LN	LN	LN	N	N
	Торфяно-глеезем пирогенный									
Горизонт	Opir	TOpir	Opir	TOpir	Opir	TOpir	Opir	TOpir	Opir	TOpir
Среднее	4,24	3,30	61,9	51,1	48,3	66,1	347,3	7,7	394,4	178,5
Стандартное отклонение	0,74	0,20	45,2	41,6	26,4	31,1	399,0	5,1	220,5	225,1
Коэффициент асимметрии	-0,1	-0,3	1,3	1,2	-0,6	-1,2	0,9	2,6*	1,2	1,9
Коэффициент эксцесса	-1,1	0,6	0,5	-0,7	-1,4	-0,6	-1,1	7,2*	1,9	2,0
Коэффициент вариации, %	17,5	6,0	73,1	81,5	54,7	47,0	114,9	66,0	55,9	126,1
Закон распределения	N	N	LN	–	N	–	LN	LN	N	–

Примечание. Законы распределения: N – нормальный, LN – логнормальный, прочерк – не подчиняется этим законам; проверка проводилась по критерию Колмогорова-Смирнова (α=0,05); * – статистически значимые коэффициенты асимметрии и эксцесса (p=0,05).

Увеличение содержания подвижных форм фосфора прослеживается в очесе торфяно-глееземов пирогенных, тогда как в нижележащем горизонте TO^{pir}, отмечено уменьшение по сравнению с горизонтом ТО торфяных олиготрофных почв (табл. 2). Вследствие высокой вариабельности этого показателя в пределах отдельных почв, различия между ними, проверенные по критерию Манна-Уитни, оказались не значимыми (p=0,05). Для содержания подвижных форм фосфора в верхних горизонтах исследованных почв отмечаются высокие коэффициенты вариации, составившие 66–209% (табл. 2). При этом зафиксированы положительные коэффициенты асимметрии и эксцесса, статистически значимые (p=0,05) для очеса торфяных олиготрофных глеевых и горизонта TO^{pir} торфяно-глееземов пирогенных, а также логнормальный закон распределения, показывающий присутствие в выборках одного-двух экстремально высоких значений. Эти максимальные значения содержания подвижных форм фосфора были определены в точках со средне- и слабокислой реакцией почвенной среды.

Снижение содержания подвижного калия в очесе торфяно-глееземов пирогенных по сравнению с торфяными олиготрофными было статистически значимо (p=0,05) при проверке критерием Манна-Уитни: $T_o > T_г^{пи}$. Минимальные значения показателя выявлены для очеса, в котором отмечены прослои золы. В пирогенных почвах возрастает степень варьирования содержания подвижного калия, особенно в горизонте TO^{pir}. Это можно связать с различной выраженностью пирогенных явлений в этом горизонте. Кроме того, в постпирогенный период синхронного выноса подвижного калия по всей протяженности горизонта TO^{pir} не происходит, что также формирует пространственную неоднородность этого показателя.

Проведенные исследования показывают, что на болотных угодьях, пройденных пожарами, значительно возрастает контрастность почвенного покрова, увеличивается степень варьирования многих почвенных свойств. Сформированные в этих условиях торфяно-глееземы пирогенные – сложные антропогенно-природные образования, характеризующиеся пространственной неоднородностью, связанной с неравномерным воздействием пожаров по площади болотных угодий. Долгосрочный прогноз трансформации этих почв в постпирогенный период необходимо проводить с учетом пространственного варьирования их свойств. При моделировании процессов в болотных экосистемах важно

использовать статистические оценки варьирования свойств в торфяных олиготрофных, торфяных олиготрофных глеевых почвах и торфяно-глееземах пирогенных.

Выводы

1. Воздействие пожаров на болотных угодьях может приводить к локальному выгоранию органогенных горизонтов и формированию неоднородности почвенного покрова с участием торфяных олиготрофных, торфяных олиготрофных глеевых почв и торфяно-глееземов.

2. Торфяные почвы северо-востока о. Сахалин обладают высокой кислотностью в обменной и гидролитической форме. В верхних горизонтах торфяно-глееземов пирогенных происходит долгосрочное снижение кислотности и резкое увеличение зольности вследствие сгорания растений, очеса и торфа. Пирогенез приводит к дефициту доступных форм азота и калия в постпирогеный период.

3. Для торфяных почв характерна высокая степень пространственного варьирования химических свойств, коэффициенты вариации составили 30–100%, а для содержания подвижных соединений фосфора достигали 200% и более, что связано не только с пирогенными явлениями, но и с лабильностью этого показателя в органогенных горизонтах.

Литература

1. *Властова Н. В.* Торфяные болота Сахалина. Л. : Изд-во Академии наук СССР. 1960. 167 с.

2. *Габбасова И. М., Сулейманов Р. Р.* Оценка состояния и рекультивация пирогенно-деградированных торфяных почв // Изв. Самарского НЦ РАН. 2011. Т. 13. № 1. С. 223-228.

3. *Зайдельман Ф. Р., Морозова Д. И., Шваров А. П.* Изменение свойств пирогенных образований и растительности на сгоревших осушенных почвах полесий // Почвоведение. 2003. № 11. С. 1300-1309.

4. *Зайдельман Ф. Р., Шваров А. П.* Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры земледелия, рекультивация. М. : Изд-во МГУ, 2002. 168 с.

5. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.

УДК 631.42

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

С. П. Ломов, А. Д. Ишмуратова, И. Н. Спиридонова
Пензенской государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза,
stas_lomov@mail.ru

На фоне современного изменения климата изучение и идентификация нового подтипа лугово-черноземных почв на водоразделах и склонах (в катенах южной и северной экспозиции) усложняет структуру и строение почвенного покрова. Лугово-черноземные почвы отличаются от черноземов образованием глеевого горизонта, повышенной кислотностью и увеличением коэффициента оглинения. Переувлажнение отмеченных почв связано с природно-хозяйственными условиями развития агроландшафтов (организация лесных полос, орошение, агротехнические способы накопления влаги в почвах и т. д.). В результате возникает проблема мониторинга почвенного покрова и необходимости разрабатывать меры по снижению негативных изменений из-за сезонного избытка влаги.

Ключевые слова: лугово-черноземные почвы, геоэкологический мониторинг, глеевые горизонты, переувлажнение почв.

Введение

Актуальность проведения геоэкологического анализа почвенного покрова области обусловлена увеличением техногенных нагрузок на агроландшафты. Антропогенному влиянию подвергаются экосистемы как урбанизированных геосистем [4], так и земли сельскохозяйственного назначения [10]. В результате геоэкологические исследования проводят также и для ландшафтного планирования в области [1]. Уровень экологических изменений в урбанизированных геосистемах реализуется изучением степени загрязнения почв различными видами поллютантов [4]. Наряду с этим, существуют более глубокие «типовые» преобразования почв и структуры почвенного покрова в результате антропогенных воздействий на земли сельскохозяйственного использования [10]. Отмеченные работы успешно реализуются на юге Среднерусской возвышенности. В Среднем Поволжье подобных исследований не проводилось.

Объекты и методы

Целью наших исследований является проведение геоэкологического мониторинга почвенного покрова Пензенской области (на примере Лунинского района) в условиях современного изменения климата. Для реализации названной цели нами затрагивались следующие вопросы:

- изучение ландшафтного подхода, как экологической основы в обмене веществом и энергией;

- рассмотрение неогидроморфизма, как причины изменения агроландшафта на фоне частичного улучшения экологического разнообразия в почвах и почвенном покрове.

Методические подходы изучения геоэкологического преобразования почвенных контуров представлены: 1) анализом изменения структуры почвенного покрова во времени; 2) усложнением в системе генетических горизонтов почв; 3) рассмотрения набора новообразований в системе морфологических признаков; 4) параметрами физико-химических и химических показателей в генетических горизонтах.

Обсуждение результатов

По агропочвенному зонированию территория Лунинского района имеет достаточное увлажнение при ГТК=1.0-1.1.

Почвенный покров представлен преобладанием чернозёмов выщелоченных до 80%, затем набором почв с разной степенью гидроморфизма: лугово-черноземные, луговые и лугово-болотные, а также пойменно-аллювиальные [8].

Черноземы выщелоченные приурочены к повышенным элементам рельефа, в результате чего на покатых склонах в условиях агроценоза почвы деградируют до разной степени эродированности.

Лугово-черноземные почвы распространенны на притеррасных понижениях с уровнем грунтовых вод от 3 до 5 м, в сочетании с луговыми и лугово-болотными почвами.

Современное изучение почв водоразделов и приводораздельных склонов показало следующую сложную структуру: из одиннадцати обследованных разрезов в катенах южной и северной экспозиции междуречья Сура и Шукша семь оказались с признаками оглеения в средних и нижних частях профиля. По рельефу они мало чем отличаются от фоновых почв зонального подтипа черноземов выщелоченных. Тем не менее, в нижней части гумусового горизонта появились явные признаки переувлажнения в виде «зоны оглеения».

Крупномасштабные обследования почв ОПХ «Центральное», проведенное И. Ф. Дмитриевым [3], не показало каких-либо отклонений в эволюции черноземов выщелоченных. Преобладали фоновые почвы в сочетании с пятнистостью эродированных вариантов (рис. 1, I, профиль).

На почвенной карте Пензенской области, изданной 20 лет спустя [8], также было отмечено преимущественное преобладание чернозёмов выщелоченных с пятнистостью эродированных ЭПА по представлениям В. М. Фридланда [9] (рис. 1, II, профиль).

По исследованиям 1993 г. обнаружена пятнистость черноземов выщелоченных и лугово-черноземных почв. По форме это фоновая спорадическая пятнистостая почвенная комбинация, в которой фоном служат черноземы выщелоченные, с ЭПА лугово-черноземных почв, т.е. структура почвенного покрова усложнилась (рис. 1, III, профиль, а и в).

Следует предположить, что развитие современного переувлажнения – неогидроморфизма в черноземах – это суммарный эффект от изменений климатического фактора [7] и усиления антропогенного воздействия на агроландшафты. По ведущему фактору эта проблема является водной, а по сути геоэкологической, т. к. причины ее возникновения связаны как с естественными климатическими изменениями [7], так и с различными видами хозяйственной деятельности (ирригация, организация лесополос, агротехнические приемы накопления влаги в почвах и др.).

Подобные явления оглеения черноземов были описаны в других областях Русской равнины. В результате исследований, воронежские почвоведы [2] выделили на уровне зонального типа – лугово-черноземные почвы с уровнем грунтовых вод от 3 до 5 м. Этот тип почв занимал огромные площади Русской равнины.

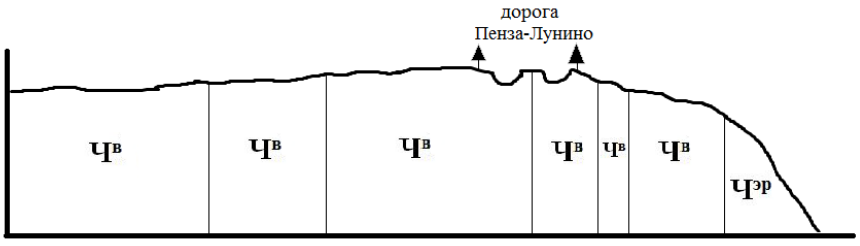
В Пензенской области изучаемые процессы переувлажнения и оглеения черноземов появились в более поздний период развития агроландшафтов и в результате взаимодействия других причин (природно-хозяйственных).

Общее устройство опытных полей ОПХ «Центральное» Лунинского района связано с дорогой, проходящей по вершине водораздела с запада на восток по обе стороны которой посажены полезащитные лесные полосы (рис. 1). На южном склоне посажены приовражные лесополосы с обеих сторон оврага.

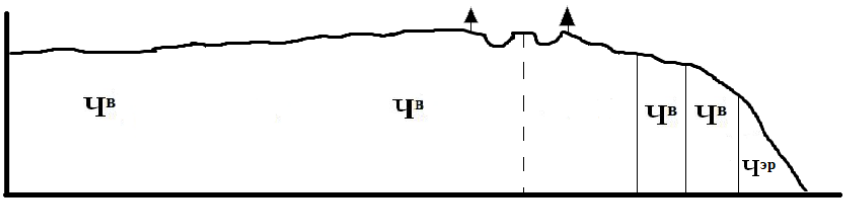
Полезащитные лесные полосы и другие лесные насаждения осуществлялись согласно программам преобразования природы степных ландшафтов и агроландшафтов по улучшению водных и экологических условий почв.

Целенаправленная защитная деятельность в степной и лесостепной зонах по устройству полезащитных насаждений в пределах пахотных угодий на первых порах принесла положительные результаты. Легкоранимые агроценозы из-за отсутствия видового разнообразия пополнились дополнительными видами лесной, кустарниковой и травянистой растительности, соответственно увеличилась почвенная и наземная фауна. Улучшился водный режим почв, прилегающий к лесным полосам. В сухие годы урожайность с участков земель, прилегающих к лесным полосам, всегда была лучше, чем на других более отдаленных полях. Снизилась опасность развития дефляционных процессов. Улучшился микроклимат на пахотных почвах, прилегающих к лесополосам. Положительные сдвиги по улучшению почвенно-экологических условий были заложены программой преобразования природы степных регионов, путем организации полезащитных и других лесных насаждений.

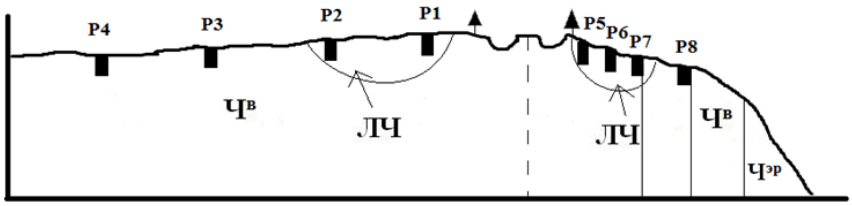
I



II



IIIа



IIIв

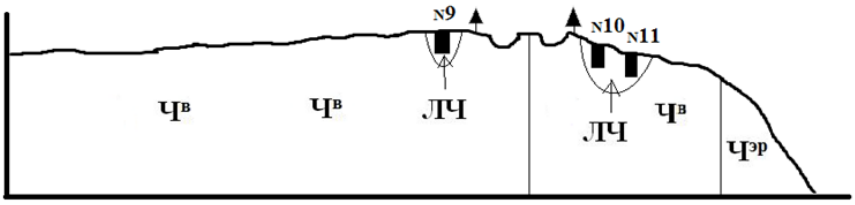


Рис. 1. Гипсометрический и почвенный профиль междуречья Шукша и Сура:
I. Почвенная карта И.Ф. Дмитриева, 1962 (1:25000 Мб);
II. Рабочая почвенная карта «Волгогипрозем», 1981 (1:50000 Мб);
IIIа, в. Почвенная карта, 1993 (Ломов, 2012).
Условные обозначения: $Ч^{в}$ – чернозёмы выщелоченные; $ЛЧ_{огл.}$ – лугово-черноземные оглеенные; $Ч^{эр.}$ – почвы оврагов и балок. Горизонтальный масштаб 1:10000; вертикальный масштаб 1:500

Однако в течение последующих десятилетий положительные тренды постепенно накапливались и первоначальное улучшение водного режима почв, прилегающих к полезащитным насаждениям, привело к сезонному переувлажнению с негативными последствиями. Это новые деградационные процессы, не свойственные до последнего времени черноземам, были обнаружены в описываемых разрезах (рис. 1). В пределах водораздельной части и на склонах появились «черноземы выщелоченные оглеенные» – усложнилась структура почвенного покрова (рис. 1, III а, в).

На склонах с достаточно выраженным уклоном признаки оглеения не обнаружены и черноземы в этом случае диагностировались как выщелоченные. Следует отметить, что на Почвенной карте хозяйства [3] (рис. 1, I, профиль), т.е. 60 лет назад изучаемые почвы еще не были затронуты процессами переувлажнения. Оглеение в почвах водораздела связано с сезонным переувлажнением за счет дополнительных запасов снега (эффект лесных полос), переуплотнения нижних горизонтов и отсутствия поверхностного стока. Оглеение по Ф. Р. Зейдельману [5] обуславливает переход окисного железа в закисное, т. е. более подвижное и способствует не сбалансированному выносу его за пределы почвенного профиля.

Другим следствием развития глееобразования является изменение органического вещества, появление подвижных фракций и вынос 2-х и 3-х валентных катионов, ухудшение структуры и возникновение признаков слитизации почв.

Слитыми считают почвы, обладающие неблагоприятными физическими свойствами: резко выраженной набухаемостью, высокой пластичностью во влажном состоянии и блочностью структуры, с крупной трещиноватостью в сухом состоянии. Среди исходных свойств, способствующих слитогенезу, как правило, главная роль отводится тяжелому гранулометрическому и смектитовому минералогическому составу при низком содержании органического вещества. Кроме того, слитизации способствует и сочетание контрастного водного режима с высокими летними температурами, которые создают условия для проявления процесса усадки и уплотнения почвы.

Изученные А. Д. Ишмуратовой [6] физические свойства (плотность, агрегатный состав) черноземов и лугово-черноземных почв не выявили признаков слитизации в оглеенных почвах, однако физические свойства последних оказались более негативными по сравнению с чернозёмами выщелоченными. Гранулометрический состав лугово-черноземных почв в основном, тяжелосуглинистый. Распределение фракций физической глины по почвенному профилю показывает на его увеличение в горизонтах оглеения до 56,97% по сравнению с верхними и нижними горизонтами 48,20–49,37%. Соответственно изменяется распределение илистой фракции по почвенному профилю.

Признаки оглинивания почвенной массы в этих горизонтах связаны с процессами оглеения, которые часто обуславливают метаморфическое преобразование минеральной почвенной массы, под воздействием восстановительных процессов.

В почвообразующих породах лугово-черноземных почв преобладает фракция крупной пыли (0,05–0,01 мм) – 43,15–43,33%, в связи с чем, они были названы лессовидными. В оглеенных горизонтах фракция крупной пыли снижается почти вдвое до 21,28%, то есть преобразование первичных минералов происходит за счет этой фракции, и частично за счет фракции мелкого песка.

Величины pH солевого свидетельствует о слабой кислотности пахотного и подпахотного слоев лугово-черноземных почв водораздела – 5,3–6,0. Однако в оглеенных горизонтах кислотность увеличивается до средней и даже до сильнокислой степени (pH солевое – 4,8–4,3) (табл. 1).

Для лугово-черноземных почв водораздельной части характерно увеличение Нг в горизонтах с признаками оглеения (4,46 смоль (экв)/кг в пахотном слое и 8,0 смоль (экв)/кг в оглеенном горизонте). В других разрезах, главным образом на склонах, такой отчетливой зависимости не отмечается, что вероятно связано с меньшей степенью переувлажнения. Последнее зависит от расстояния до лесной полосы и проявлением поверхностного стока, особенно на склоновых позициях.

Сумма поглощенных оснований высокая в пахотных слоях лугово-черноземных почв, развитиях на водоразделах – 42,89–43,81 смоль (экв)/кг. С глубиной эта величина уменьшается, особенно в оглеенных горизонтах до 20,02 смоль (экв)/кг, что может быть связано с выносом двух и трех валентных катионов в условиях восстановительного процесса.

Таблица 1

Химические и физико-химические показатели лугово-черноземных почв

№ разреза	Глубина, см	Гумус, %	Азот валовой, %	C:N	Нг, Смоль (экв), кг	pH KCl	S, Смоль(экв), кг	Подвижные, мг/кг		CaCO$_3$
								P_2O_5	K_2O	
17 мх водораздел	Ап 0-23	7,26	0,41	10,0	5,65	5,6	42,89	312,2	157,9	Нет
	Ап/п 23-45	6,20	0,36	9,9	5,65	5,3	39,91	117,4	153,0	-
	А1 42-74	4,5	0,27	9,7	5,97	5,6	38,84	112,8	88,6	-
	Bg 74-107	1,1	0,09	7,5	6,25	4,8	33,08	41,6	91,8	-
	Bg	-	0,14	-	6,08	4,8	32,23	44,1	91,8	-

№ разреза	Глубина, см	Гумус, %	Азот валовой, %	C:N	Hг, Смоль (экв), кг	pH KCl	S, Смоль(экв), кг	Подвижные, мг/кг		CaCO$_3$
								P_2O_5	K_2O	
	107-125									
	Cса 140-160	-	0,09	-	3,33	5,0	32,65	-	-	0,2
5 Водораздел (южная катена)	Апах 0-25	7,10	0,4	10,3	4,46	6,0	42,81	202,5	221,8	Нет
	Ап/п 25-38	6,21	0,36	10,0	5,11	5,6	37,7	186,5	180,0	-
	A 38-59	5,77	0,38	8,8	4,89	5,1	39,93	67,8	125,7	-
	A1Bg 59-81	2,22	0,16	8,1	6,38	4,6	27,89	24,5	139,6	-
	B1g 81-110	1,93	0,14	8,1	8,93	4,3	24,30	14,7	131,1	-
	B2g 110-142	-	-	-	5,25	4,4	20,02	-	-	-
	Cса 142-184	-	-	-	1,15	6,3	31,57	-	-	0,20
	Cса 184-205	-	-	-	1,08	6,2	30,06	-	-	0,10
9 водораздел (северная катена)	Ап 0-23	7,19	0,49	8,6	5,8	5,3	42,4	245,7	173,9	Нет
	Ап/п 23-35	6,61	0,46	8,45	5,9	5,2	44,9	88,3	82,2	_"_
	A 35-56	6,09	0,36	9,8	5,9	5,4	46,6	62,1	111,7	_"_
	A1g 95-123	0,67	0,08	4,9	6,39	4,3	_"_	115,6	143,3	1,33
	Bcag 123-150	0,67	0,06	6,6	4,05	4,8	_"_	65,0	-	5,27
	Ccag 150-170	-	0,13	-	0,7	6,5	_"_	50,8	152,2	4,2

Выводы

Изучение и выделение нового подтипа почв – лугово-черноземных (в рамках типа лугово-черноземных [2]), в пределах водоразделов и приводораздельных склонов усложняет структуру и строение почвенного покрова области. В результате появляется проблема мониторинга почвенного покрова и необходимость разработки мероприятий по снижению негативных изменений из-за сезонного переувлажнения. Сельскохозяйственное использование почв водоразделов и приводораздельных склонов до настоящего времени было ориентировано на зональные условия почвообразования – зональную агротехнику и зональные мелиоративные приемы. Результаты более детального мониторинга изменения почвенного покрова, связанного с современными климатическими параметрами и хозяйственной деятельностью человека, должны составлять основу разработки более дифференцированного подхода в землеустроительной организации территории, а также совершенствовать зональную агротехнику с учетом выявленных новых ареалов лугово-черноземных почв в пределах водоразделов и приводораздельных склонов.

Литература

1. *Артемова С. Н.* Геоэкологические исследования для целей ландшафтного планирования Пензенской области // Изв. высших учебных заведений. Поволжский регион. Естеств.науки. География. 2013. № 2 (2). С.110-118.

2. *Ахтырцев Б. П., Ахтырцев А. Б.* Почвенный покров Среднерусского чернозема. Воронеж: Изд. Воронеж. ун-та, 1993. 216 с.

3. *Дмитриев И. Ф.* Почвы Пензенской государственной сельскохозяйственной опытной станции и пути повышения их плодородия : отчет о НИР. Лунино, 1962. 110 с.

4. *Забелина О. Н., Феоктистова И. Д.* Сравнительный анализ экологического состояния почв урбанизированных территорий // Биологические науки. Фундаментальные исследования. 2014. № 9. С. 2456-2459.

5. *Зайдельман Ф. Р.* Естественное и антропогенное переувлажнение почв. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1992. 110 с.

6. *Ишмуратова А. Д.* Агрофизические аспекты пространственной неоднородности почвенного покрова водораздела Сура-Шукша // Вопросы современного сельскохозяйственного производства. Пенза, 1995. С. 116-131.

7. *Ломов С. П.* Почвы и климат Пензенской области. Пенза: ПГУАС, 2012. 260 с.

8. Почвенная карта Пензенской области / ГУ Геодезии и Картографии при СНК СССР. М., 1984.

9. *Фридланд В. М.* Структура почвенного покрова. М. : Мысль, 1972. 424 с.

10. *Чендев Ю. Г.* Тренды природной и антропогенной эволюции серых лесных почв в позднем голоцене: юг Среднерусской возвышенности // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 7. С. 11-14.

УДК 631.4

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ЗОНЫ СОЛЕОТВАЛОВ СОЛИКАМСКО-БЕРЕЗНИКОВСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА

Н. В. Митракова, О. З. Еремченко

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, eremch@psu.ru

Почвы технопедокомплексов зоны воздействия солеотвалов резко отличались по биологической активности и характеризовались, как хорошим экологическим состоянием, так и предельно токсичным. Хорошим и удовлетворительным экологическим состоянием обладали вторичные серогумусовые остаточно карбонатные почвы. Неудовлетворительное экологическое состояние отмечено у пелозема и литостратов. Солончаки вторичные характеризуются экологически опасным состоянием, т.к. на них не получены всходы тест-культуры.

Ключевые слова: солеотвалы; вторичные почвы; солончаки, фитотестирование.

Введение

Известны основные свойства плодородных почв, обеспечивающие максимальную продуктивность природных фитоценозов и культурных растений: реакция среды близкая к нейтральной, высокое содержание и благоприятный состав гумуса, доступность питательных элементов, водопрочная зернистая или комковатая структура, высокая микробиологическая и биохимическая активность и т.д. Использование высших растений для оценки состояния почв является приоритетным способом тестирования. Метод фитотестирования способен дать достоверную информацию о качестве почв, обладает высокой чувствительностью, универсальностью, интегральностью и простотой [1; 2; 4; 5; 6].

Ранее проведенные в регионе исследования показали перспективность использования кресс-салата *Lepidium sativum* L. для тестирования почв и техногенных поверхностных образований. Данная культура положительно реагировала на содержание гумуса и питательных веществ, насыщенность основаниями, отрицательно – на загрязнение тяжелыми металлами, кислую и щелочную реакцию, засоление. Неблагоприятная почвенная среда способствовала снижению высоты и массы кресс-салата, кроме того токсичность почв сопровождалась повышением редокс-активности экстрактов этих растений. На основании этих исследований нами получен патент по методике оценки биологической активности почв и почвоподобных образований с применением кресс-салата [3].

Цель настоящих исследований – оценка биологической активности вторичных почв на территории Березниковского производственного калийного рудоуправления (БПКРУ-3, 4) и Соликамского калийного рудоуправления (СКРУ-1, 2) в Пермском крае.

Объекты и методы

Солеотвал и шламохранилище БПКРУ-3 расположены к югу от г. Березники и относятся к Балахонцевскому участку, который начал разрабатываться в 1973 г. Солеотвал БПКРУ-4 расположен северо-восточнее г. Березники на территории Быгельско-Троицкого участка, начало разработки которого – 1987 г.

Солеотвал и шламохранилище СКРУ-1 находятся на расстоянии 0,5 км от г. Соликамска, участок введен в эксплуатацию в 1970 г. Солеотвал СКРУ-2 располагается на расстоянии 1,0 км от г. Соликамска; участок введен в эксплуатацию в 1974 г.

Влияние подотвальных соленых грунтовых вод установлено в пойме р. Лёнва на расстоянии 1150 м от шламохранилища БКПРУ-3. Воздействие соленых вод, изливающихся из древних рассолоподъемных скважин, на почвы исследовали в долине р. Усолка.

Расположение в рельефе	Технопедокомплексы	Почвы
Холмисто-увалистая равнина	на средних суглинках элювиально-делювиального происхождения и выходах коренных пермских пород	дерново-подзолистая тяжелосуглинистая почва, пелозем гумусовый тяжелосуглинистый, серогумусовые остаточно карбонатные суглинистые почвы, солончак вторичный хлоридный натриево-калиевый глинистый.
Терраса р. Камы	на песчано-супесчаных породах древнеаллювиального происхождения	литостраты и серогумусовые почвы песчано-супесчаного и суглинистого гранулометрического состава, в том числе, солончаковые, глееватые, остаточно карбонатные, а также солончаки вторичные хлоридного натриево-калиевого и сульфатно-хлоридного кальциево-натриевого химизма.
Поймы рек бассейна р. Камы	на аллювиальных породах	аллювиальные гумусовые, перегнойно-глеевые почвы и глееземы, солончаковатые и солончаковые аналоги, а также солончаки вторичные хлоридного кальциево-магниево-натриевого и сульфатно-хлоридного натриево-кальциевого химизма.

В поверхностных слоях (0-15 см) почв были определены:

- содержание органического углерода – по методу Тюрина,
- $pH_{вод}$ и $pH_{сол}$ – потенциометрическим методом,
- сумму оснований в кислых почвах – по Каппену – Гильковицу,
- гидролитическую кислотность ($H_{гк}$) – титриметрическим методом по Каппену,
- емкость катионного обмена (ЕКО) рассчитали по сумме оснований и гидролитической кислотности,
- в карбонатных пробах емкость поглощения – методом Бобко и Аскенази,
- содержание карбонатов и гипса – методом В. А. Молодцова,
- ионно-солевой состав определили в водной вытяжке,
- количество сульфат-ионов рассчитали по разности сумм катионов и анионов,
- общее количество солей (%) – расчетным методом.

Для оценки биологической активности и токсичности почв кресс-салат выращивали в течение 7 дней. Затем измеряли высоту и массу растений в 25-кратной повторности [3].

На территории исследований почвенный покров был трансформирован в связи с планировкой поверхности под солеотвалы и шламохранилища, устройством дамб и водоотводящих ложбин, разливом соленых вод, выходом подотвальных вод. Для оценки состояния почвенного покрова нами был использован метод выделения технопедокомплексов (ТПК) – комбинации почв и техногенных вторичных почв в однородных элементах рельефа, одинаковых почвообразующих породах при сходном техногенном воздействии. В составе ТПК зон воздействия солевых отходов на абралитах и литостатах, на аллювиальных почвах образовались вторичные почвы и вторичные солончаки. Ниже представлены почвы, входящие в исследуемые ТПК.

Обсуждение результатов

В исследуемых ТПК свойства поверхностных слоев почв варьировали в очень широком интервале.

Почвы в ТПК на элювиально-делювиальных суглинках и элювии пермских пород характеризовались значительным варьированием в содержании гумуса, что обусловлено отсыпкой разных почвогрунтов, в том, числе, содержащих гумусированный материал из темногумусовых почв. Значительная изменчивость емкости поглощения и состава обменных катионов обусловлена также свойствами исходных почвогрунтов, из которых образуются вторичные почвы (табл. 1). Реакция среды у почв изменялась от резко кислой до нейтральной. Кислую реакцию имели природная дерново-подзолистая почва и вторичные незасоленные почвы на элювиально-делювиальных суглинках; в них проявилась и гидролитическая кислотность. Нейтральной средой характеризовались вторичные почвы, образующиеся на карбонатных литостратах, а также вторичные солончаки и солончаковые почвы. В отдельных почвах кроме присутствия остаточных карбонатов был обнаружен гипс (0,86%). Содержание подвижного калия варьировало в целом незначительно, лишь в солончаке вторичном хлоридном натриево-калиевом его количество достигло 850 мг/100 г. Для содержания подвижных фосфатов характерна заметная изменчивость (табл. 1).

В ТПК на древнеаллювиальных песчано-супесчаных породах литостраты и вторичные почвы характеризовались низким содержанием гумуса (табл. 1). Поглотительная способность и сумма обменных катионов у этих почв невысокие, исключение составляют серогумусовые почвы, образующиеся на суглинистых литостратах. Реакция почвенного раствора изменялась от слабокислой и до слабощелочной. Гидролитическая кислотность низкая из-за низкой емкости поглощения. Проявление нейтрально-щелочных реакций связано как с остаточными карбонатами, так и с техногенным засолением. Карбонаты (0,09–0,72%) и гипс обнаружены не во всех почвах. В данном ТПК почвы характеризовались низким и повышенным содержанием подвижных фосфатов. Количество калия сильно варьировало, достигая максимальных значений – 400 мг/100 г, что связано с засолением.

В ТПК на аллювиальных породах содержание гумуса варьировало от очень низкого и до высокого уровня из-за природных особенностей комплекса аллювиальных почв (табл. 1). Высокая изменчивость емкости поглощения и суммы обменных катионов обусловлены разным количеством гумуса и различиями в гранулометрическом составе почв. Реакция почвенного раствора находилась в диапазоне от резко кислых и до слабощелочных значений, у незасоленных почв отмечена существенная гидролитическая кислотность. Карбонаты присутствовали в некислых засоленных почвах (0,19–0,26%). В солончаковых почвах и солончаках отмечалось и наличие гипса (от 0,86 до 8,5%). Содержание подвижных фосфатов существенно варьировало. Высокий уровень подвижного калия был установлен в засоленных почвах.

Таблица 1

Свойства вторичных почв зоны воздействия солеотвалов и шламохранилищ

Показатель	ТПК на элювиально-делювиальных	ТПК на древнеаллювиальных песчано-супесчаных	ТПК на аллювиальных породах

	суглинках	породах	
Гумус, %	2,58 – 6,05	0,17 – 3,88	1,55 – 16,89
pH вод	4,52 – 7,13	6,32 – 8,11	3,98 – 8,21
pH сол	3,84 – 7,05	5,08-7,62	3,38 – 7,59
Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г	2,75 – 10,00	0,36 – 2,51	1,21 – 13,32
Емкость катионного обмена, мг-экв/100 г	28,50 – 70,14	1,29 – 69,32	10,11 – 82,73
Сумма обменных кальция и магния, мг-экв/100 г	49,50 – 67,10	0,93 – 68,54	7,63 – 69,42
Фосфор подвижный, P_2O_5 мг/100 г	0,67 – 24,30	0,30 – 12,33	0,82 – 14,33
Калий подвижный, мг/100г	1,50 – 850,00	6,50 – 400,00	9,52 – 550,00

В составе всех исследуемых ТПК присутствовали солончаковые почвы и солончаки. Солончаковые почвы характеризовались хлоридным натриевым химизмом при сумме водорастворимых солей в поверхностных горизонтах от 0,35% до 0,7%. В поверхностных слоях солончаков общее содержание водорастворимых солей варьировало от 1% до 39% при хлоридном и сульфатно-хлоридном, натриевом, калиево-натриевом и кальциево-натриевом химизме.

Экологическое состояние вторичных почв оценивали в соответствии с формулой патента [3]. По состоянию кресс-салата, выращенного на почвенных пробах из ТПК на элювиально-делювиальных суглинках и элювии пермских пород, установлено как хорошее экологическое состояние при отсутствии токсичности - у отдельных почв, так и предельная токсичность солончака - при полном отсутствии всходов растений (рис. 1). Хорошее и удовлетворительное экологическое состояние показали серогумусовые остаточно-карбонатные и дерново-подзолистая тяжелосуглинистые почвы. Пелозем и дерново-глубокоподзолистая почва характеризовались неудовлетворительным экологическим состоянием.

В ТПК на древнеаллювиальных песчано-супесчаных породах абсолютно токсичными (отсутствие всходов кресс-салата) были вторичные солончаки. Показатели состояния кресс-салата свидетельствовали об удовлетворительном экологическом состоянии литостатов глинистых и песчаных, глееватых и остаточно-карбонатных, а также серогумусовых суглинисто-глинистых почв (рис. 2). Хорошим экологическим состоянием характеризовалась серогумусовая суглинистая остаточно-карбонатная почва и литострат суглинистый остаточно-карбонатный.

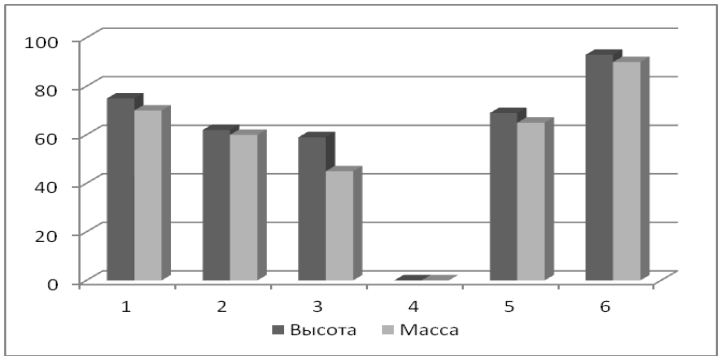


Рис. 1. Показатели высоты и массы кресс-салата на почвах ТПК на элювиально-делювиальных суглинках и элювии пермских пород: *1, 2 – дерново-подзолистые тяжелосуглинистые почвы; 3 – пелозем гумусовый тяжелосуглинистый; 4 – солончак вторичный хлоридный натриево-калиевый тяжелосуглинистый; 5,6 – серогумусовые остаточно-карбонатные тяжелосуглинистые почвы*

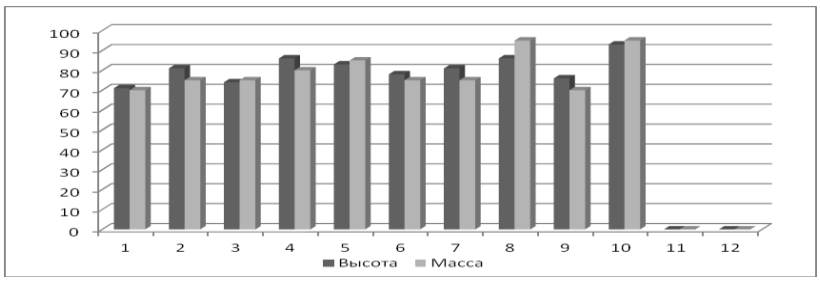


Рис. 2. Показатели высоты и массы кресс-салата на почвах ТПК на древнеаллювиальных песчано-супесчаных породах: *1, 2 – литостраты остаточно-карбонатные глинистые; 3 – литострат глееватый песчаный остаточно-карбонатный; 4,5,6 – серогумусовые остаточно-карбонатные суглинисто-глинистые почвы; 7,8 – литостраты суглинистые остаточно карбонатные; 9 – литострат остаточно-карбонатный глинистый; 10 – серогумусовая суглинистая остаточно-карбонатная почва; 11 – солончак вторичный хлоридный натриевый; 12 – солончак вторичный сульфатно-хлоридный натриево-кальциевый*

Методом фитотестирования установлено экологически опасное состояние солончаковых почв и вторичных солончаков в ТПК на аллювиальных породах. Лишь у отдельных аллювиальных почв отмечено удовлетворительное экологическое состояние поверхностных горизонтов (рис. 3).

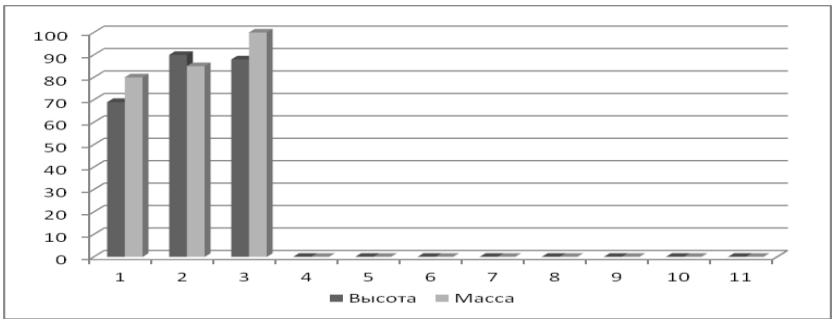


Рис. 3. Показатели высоты и массы кресс-салата на почвах ТПК на аллювиальных породах: *1 – аллювиальная гумусовая глееватая хлоридная натриево-магниево-кальциевая солончаковая почва; 2 – аллювиальная гумусовая глееватая хлоридная магниево-кальциево-натриевая почва; 3 – аллювиальная гумусовая глееватая хлоридная натриево-магниево-кальциевая солончаковая почва; 4 – аллювиальная гумусовая хлоридная натриевая солончаковая почва; 5, 6 – солончаки вторичные сульфатно-хлоридные натриевые глеевые; 7 – глеезем хлоридный натриевый солончаковый; 8. 9 – солончаки вторичные сульфатно-хлоридные натриево-кальциевые глеевые; 10 – солончак вторичный сульфатно-хлоридный натриевый глеевый*

Анализ корреляционных зависимостей доказал достоверное отрицательное влияние показателей засоленности почв на высоту и массу тест-культуры (табл. 2); связи у растений с агрохимическими показателями почв были математически не достоверны.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между показателями состояния кресс-салата и свойствами почв

Показатель	Высота, мм	Масса, мг
Калий подвижный	-0,54	-0,53
Cl^- водорастворимый	-0,52	-0,51
SO_4^{2-} водорастворимый	-0,52	-0,51
Ca^{2+} водорастворимый	-0,52	-0,50
Mg^{2+} водорастворимый	-0,52	-0,50
Na^+ водорастворимый	-0,50	-0,49
Сумма водорастворимых солей	-0,51	-0,50

Примечание. Жирным шрифтом выделены достоверные корреляционные связи при 95% уровне вероятности.

Выводы

Свойства вторичных почв территории воздействия солеотвалов и шламохранилищ Соликамско-Березниковского экономического района обладают высокой изменчивостью, что обусловлено сочетанием наследуемых природных особенностей и приобретенных техногенных признаков.

Почвы исследуемых технопедокомплексов резко отличались по биологической активности и характеризовались, как хорошим экологическим состоянием, так и предельно токсичным из-за техногенного засоления. Фитотестирование показало корреляционную зависимость высоты и массы тест-культуры от содержания в поверхностных слоях вторичных почв водорастворимых сульфатов и хлоридов. Хорошим и удовлетворительным экологическим состоянием обладали, как правило, вторичные серогумусовые остаточно карбонатные незасоленные почвы в ТПК на элювиально-делювиальных суглинках и ТПК на древнеаллювиальных песках и супесях. Неудовлетворительное экологическое состояние отмечено у пелозема в ТПК на элювиально-делювиальных суглинках и литостратов на древнеаллювиальных песчано-супесчаных породах. Солончаки вторичные характеризуются экологически опасным состоянием, т.к. на них даже не получены всходы тест-культуры.

Литература

1. *Багдасарян А. С.* Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов. Ставрополь, 2005. 160 с.

2. *Воронина Л. П.* Экологические функции комплекса агрохимических средств и регуляторов роста растений в агроценоз: автореф. дис. ... д-ра биол наук. М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2009. 18 с.

3. *Еремченко О. З., Митракова Н. В.* Способ оценки биологической активности и токсичности почв и техногенных почвогрунтов. Патент РФ № 2620555. 2016.

4. *Семенова И. Н., Семенова И. Н., Кужина Г. Ш., Серегина Ю. Ю., Мусин Х. Г.* Оценка токсичности донных отложений реки Белая с использованием кресс-салата *Lepidium sativum* // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17363 (дата обращения: 07.09.2017).

5. *Терехова В. А*. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190–198.

6. *Шунелько Е. В., Федорова А. И*. Экологическая оценка городских почв и выявления уровня токсичности тяжелых металлов методом биотестирования // Вестн. Воронеж. госун-та. География и экология. 2000. № 4. С. 77 – 83.

УДК 631.4

ЭКОЛОГИЯ ПЕДОГЕНЕЗА И СОСТАВ ПОЧВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

А. М. Прокашев, А. С. Матушкин, И. А. Вартан, М. А. Кельдышев
Вятский государственный университет, г. Киров,
amprokashev@gmail.com

В статье представлены данные, отражающие особенности условий и факторов почвообразования комплексного природного заказника «Былина» (Кировская область). Обращено внимание на влияние абиотических и биотических компонентов на направленность процессов педогенеза и состав почвенного покрова. Материалы представляют интерес для специалистов естественнонаучного профиля и сотрудников природоохранных служб.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, состав и экология почв заказника.

Введение

Комплексный природный заказник «Былина» организован в 1994 г. на северо-западе Кировской области, в пределах восточной части Северных Увалов. Расположен на территории Подосиновского и Опаринского районов, граничащих на западе с Вологодской областью. Его территория протянулась с севера на юг примерно на 34 км и с запада на восток на 17 км. Общая площадь заказника – 47 623 га, из которых лесопокрытые угодья занимают 87% (41411 га), болота – 11,2%; поля, посевы многолетних трав на момент организации ГПЗ составляли 1,8% [3]. Это одна из самых значимых по площади и биосферному значению ООПТ Вятского края. Целью придания заказного режима является сохранение среднетаежных лесных и водно-болотных экосистем на водоразделе рек бассейнов Северного Ледовитого океана и Каспийского моря, включая редкие и исчезающие виды растений, животных и места их обитания. Здесь сохранились ограниченные по площади участки девственных среднетаёжных лесов, имеющих большое значение в качестве локальных эталонов местной природы. В статусе самостоятельных памятников природы выделены болотные массивы Чистое, Былинское и участок Кайского болота, выполняющие важную гидрологическую и рефугиумную функции. К настоящему времени природное наследие ГПЗ изучено преимущественно с биологических позиций: составлены конспекты флоры [4, 7], определён видовой состав фауны позвоночных [3]. Менее исследованы биокосные (почвы) и абиотические компоненты [1, 2, 6], что явилось мотивом настоящей работы, раскрывающей в первом приближении особенности экологии почвообразования и состав основных типов и подтипов почв данной ООПТ как педосферного эталона среднетаёжной природы северо-запада Вятской земли.

Объекты и методы

Объекты исследования – почвы ГПЗ «Былина». Предмет изучения – условия и факторы педогенеза: климат, рельеф, почвообразующие породы, растительный покров. В задачу входило выявление влияния абиотических и биотических компонентов на процессы педогенеза, состав и географию почвенного покрова заказника. Основными методами служили сравнительно-географические, профильные (морфолого-генетические) и др.

Обсуждение результатов

Климат. Суммарная годовая солнечная радиация в районе исследования составляет около 90 ккал/кв. см, а месячные величины изменяются от 1 ккал/кв. см в январе до 15 ккал/кв. см в июле. Радиационный баланс равняется 30–35 ккал/кв. см. С ноября по март он отрицательный, в остальное время положительный, с максимальными значениями – 8–9 ккал/кв. см – в июне. Температуры воздуха в пределах региона за год составляют 1,5–2 ºС. Средние температуры июля равняются 18 ºС, января – -15 ºС. Абсолютные максимумы приходятся на июль и достигают 35 ºС, абсолютные минимумы зарегистрированы в декабре – январе – -46 – -48 ºС (табл. 1). Рассматриваемая территория получает в среднем около 600–700 мм осадков. Число дней с осадками составляет 180–190, большая часть влаги выпадает в теплый период. Коэффициент увлажнения (КУ) по Н. Н. Иванову за год составляет от 1,3–1,35; КУ по Д. И. Шашко равен 0,50, характеризуя рассматриваемый регион как полувлажный. Годовая норма осадков обеспечивает промывной тип водного режима, а в подчинённых геоморфологических позициях или на плоских слабо дренируемых междуречьях – водозастойный или водозастойно-промывной, – провоцирующих элювиальные и восстановительные процессы; последнее нередко в сочетании с торфообразованием олиготрофного и, реже, эутрофного типа.

Таблица 1

Климатические показатели по данным метеостанции Опарино
(по: Френкель, 1997)

Месяцы												За год
1	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура, в °С												
-14,4	-13,1	-6,5	2,0	8,8	14,2	16,4	14,3	8,1	1,0	-5,4	-11,7	1,1
Осадки, в мм												
36	27	31	36	58	62	81	65	67	64	43	41	611

Рельеф. Заказник расположен на северной покатости Северных Увалов в пределах Северодвинской низменности, занятой междуречьями Пушмы и Былины не севере, Былины и верхней Моломы – в центре, Моломы и верхней Ветлуги – на юге (рис. 1). Абсолютные высоты в пределах заказника преимущественно варьируют в пределах от 188 до 145 м, а по урезу меженных уровней наиболее опущенных русел рек снижаются до 140 м. Относительные высоты изменяются в интервале не более 40–43 м, указывая на слабую расчленённость поверхности. Особенностью основной части территории ООПТ является её положение между двумя основными орографическими линиями – северной и южной.

Первая высотная гряда простирается почти параллельно долине р. Пушмы, образуя водораздел между реками Пушмой и Моломой. Абсолютные высоты здесь весьма неодинаковы и изменяются от наибольших – 188,3–170,7 м на западе – до наименьших – 160,5–148,8 м – на востоке. Ширина и степень вертикальной расчленённости водораздельной гряды различна: 2–3 км на западе (ур. Дор Кресты) с амплитудами относительных высот 10–18 м в пределах привершинной части; восточнее водораздел расширяется до 6–7 км, а перепады относительных высот на наиболее плоских участках местами сокращаются до 10 м и менее. Углы наклона поверхности на менее расчленённых участках незначительны – порядка 1–2º, возрастая до 5–6º и более на верхних элементах рельефа и придолинных участках междуречий. Несмотря на большие высоты западное крыло этой гряды почти повсеместно переувлажнено, что, в частности, проявляется в наличии процессов оглеения в почвах. На восточной окраине этой уплощённой гряды в условиях избыточного увлажнения и преобладания суглинистых или двучленных песчано-суглинистых поверхностных четвертичных отложений сложились идеальные условия для заболачивания. Здесь находится самое крупное на территории заказника Кайское болото верхового – олигофного – типа.

Противоположная – южная – водораздельная гряда в пределах заказника приближена к зоне наибольших высот возвышенности Северных Увалов, принадлежащих к междуречью рек Моломы на севере и Ветлуги – на юге и юго-западе. По морфометрическим показателям она сходна с выше упомянутой. Высоты здесь почти не уступают гипсометрическим уровням северного междуречья, хотя максимальные лежат южнее на 6-8 км, где достигают 194–203 м над у. м. В состав ГПЗ входит только наиболее сниженная – примоломская – часть склона Ветлужско-Моломского междуречья с преобладанием абсолютных высот от 170 до 150 м, при относительных в 20–25 м. По форме преобладают сглаженные холмисто-увалистые гряды общего субширотного простирания, параллельные лежащей южнее главной гряде. Они расчленены в поперечном направлении субмеридионально вытянутыми долинами Паломки и Ертача – правобережных притоков верхней Моломы. В рельефе образуются холмисто-увалистые гряды с общей тенденцией снижения от 179 м у южных границ заказника до 150–145 м над у. м. в долине Моломы. Характерными здесь являются мягкие по очертаниям склоновые формы мезорельефа с углами наклона около 1–2º, которые при приближении к отдельно возвышающимся холмам или долинам ручьёв и речек увеличиваются до 3–5, а местами – 6–7º. Вследствие слабого расчленения сниженные участки местности, особенно лощины, долины рек, седловины рельефа в различной степени

переувлажнены. Особенно заболочено правобережье и левобережье Моломы и Былины, главных дрен заказника. Однако крупные болота верхового типа, подобные Кайскому, в отличие от северного, основного гидрографического водораздела, на наиболее приподнятой, южной части заказника, не характерны вследствие меньшей уплощённости местных плакоров (рис. 1).

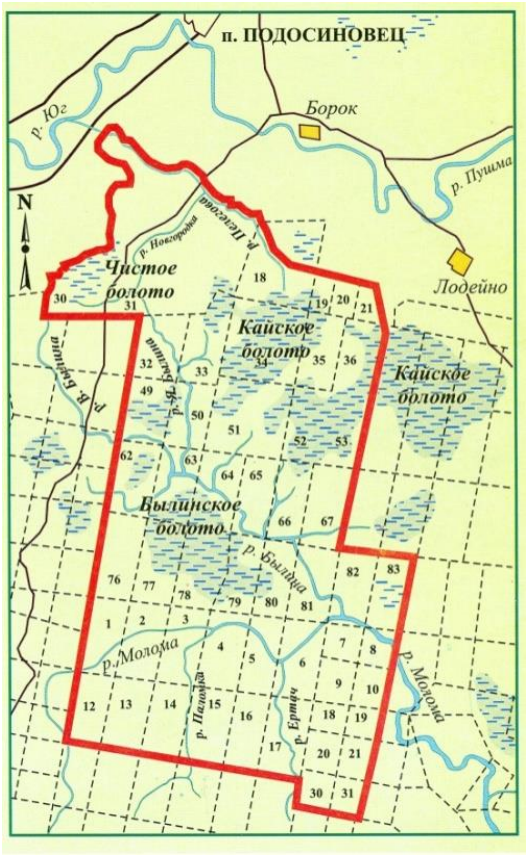


Рис. 1. Карта-схема ГПЗ «Былина»

Благодаря наличию северного и южного водораздельных бортов, а также приподнятости западного (привологодского) края, средняя часть ГПЗ напоминает собой в рельефе амфитеатр, обращённый к востоку. В этом направлении, с запада, севера и юга, направлены основные водотоки заказной территории – Молома с её главным левобережным притоком – р. Былиной и рядом провобережных притоков, упомянутых выше. Абсолютные максимальные высоты от западного к восточному краю заказника вдоль моломской долины на расстоянии в 16 км снижаются, например, от 167,2 до 153,7 м, т. е. приблизительно на 13,5 м, свидетельствуя о слабой расчленённости рельефа в былинско-моломском водосборном бассейне. Горизонталь 150 м служит основной границей между водораздельными и придолинными геосистемами. Преобладающие углы наклона поверхности равны 0,5–2° и лишь на приречных участках местами возрастают до 4–5°. Поэтому долины Моломы и, особенно, Былины сильно заболочены. Слабая степень расчленения рельефа в сочетании с высоким фоновым КУ определяют широкое распространение восстановительных педометаморфических процессов в основных компонентах почвенного покрова заказника.

Почвообразующие породы. Вследствие относительно больших размеров, неоднородности рельефа и сложной истории развития ландшафтов Северных Увалов, подвергавшихся неоднократным оледенениям в раннем и среднем плейстоцене, материнские породы ГПЗ весьма разнообразны по генезису, гранулометрическому (и минеральному)

составу: валунные и безвалунные, бескарбонатные и, иногда, карбонатные моренные суглинки, покровные бескарбонатные суглинки, водно-ледниковые песчано-супесчаные, двучленные песчано-суглинистые наносы, древние и современные аллювиальные наносы. Среди них наиболее широко распространены моренные валунные и покровные суглинки, водно-ледниковые, а также двучленные почвообразующие субстраты. Свойства некоторых из основных видов материнских пород представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Гранулометрический состав почвообразующих пород ГПЗ «Былина»
(по усреднённым данным)

Значения	Гранулометрический состав с учетом гигроскопической влажности, содержание фракций в мм, %						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	менее 0,001	менее 0,01
Моренные суглинки (мелкозём), n = 16							
Среднее	22	17	26	5	8	22	35
Мин /Макс	13/37	10/27	18/40	1/11	4/11	16/31	24/48
Покровные бескарбонатные суглинки, n = 3							
Среднее	0,5	30	55	7	7	28	42
Мин / Макс	0,3/0,7	2,2/3,4	49/59	6/8	5/9	25/32	38/48
Водно-ледниковые пески и супеси, n = 8							
Среднее	61	20	13	1,2	2,7	2,2	6,1
Мин / Макс	38/81	9/41	2/28	0,1/2,4	0,2/5,4	0,04/11	0,4/14

Из этих данных видно следующее: покровные суглинки характеризуются наиболее тяжелым – тяжелосуглинистым – составом с преобладанием лессовидной (крупнопылеватой) и, в меньшей степени, илистой фракций; моренные суглинки, помимо наличия скелетной фракции в размере нескольких процентов, отличаются по составу мелкозёма от покровных более легким – среднесуглинистым – гранулометрическим составом с повышенной долей песчаных фракций и близким содержанием крупной пыли и ила; водно-ледниковые отложения имеют наиболее облегчённый состав с доминированием песка и, отчасти, лессовидной компоненты. Отмеченное соответствующим образом влияет на физико-химические параметры сравниваемых материнских пород, в частности на большую емкость катионного обмена и величины кислотности покровных суглинков в сравнении с моренными в группе суглинистых пород и на худшие показатели водно-ледниковых наносов среди всех трёх генетических типов седиментов. Верхние и срединные горизонты почв, развитых на рассматриваемых типах материнских пород, отличаются ещё более худшими свойствами вследствие преобладания промывного и водозастойно-промывного водного режима.

География основных генетических типов материнских пород имеет достаточно сложный характер. Можно выделить ряд особенностей их распределения на междуречьях в зависимости от орографического плана местности.

Во-первых, тяготение отложений тяжелого гранулометрического состава, представленных главным образом моренными и покровными суглинками к наиболее возвышенным водораздельным поверхностям и верхним элементам склонов высоких увалистых форм. Поэтому они широко распространены в северной и южной краевых, наиболее приподнятых частях заказника. При этом следует указать на более широкое распространение среди данных отложений моренных суглинков по сравнению с покровными. Последние шире представлены преимущественно в северной водораздельной полосе, например, в районе верховья р. Пелеговой, между урочищами Дор-Новое займище,

Дор-Кресты. На южной водораздельной гряде покровные суглинки отмечены только в краевой части заказника, тогда как возвышенные элементы междуречья Моломы и Ветлуги прикрыты моренными суглинками.

Таблица 3

Физико-химические свойства почвообразующих пород ГПЗ «Былина»

Значения	pH		Hг	S	E	V	OB
	H2O	KCl	мг-экв/100 г почвы			%	%
Моренные суглинки (мелкозём), n = 7							
Среднее	6,7	5,4	1,55	19,0	20,1	91	0,24
Мин / Макс	5,9-7,6	4,1-6,8	0,35-4,99	10,1-24,3	11,2-24,7	75-99	0,13-0,59
Покровные бескарбонатные суглинки, n = 3							
Среднее	6,25	4,45	3,05	20,5	23,6	87	0,34
Водно-ледниковые пески и супеси, n = 5							
Среднее	5,8	4,2	3,7	7,9	11,7	64	0,09
Мин / Макс	5,7-6,2	3,7-4,6	2,3-7,0	2,7-11,8	5,0-17,3	52-83	0,07-0,15

Во-вторых, приуроченность отложений легкого – песчано-супесчаного – гранулометрического состава к наиболее низким участкам водоразделов и широким междуречным низинам, лежащим на высотах около 150-140 м над у. м. Поэтому водно-ледниковые песчано-супесчаные, а также близкие к ним по свойствам седименты иного происхождения (озёрно-ледниковые, либо аллювиально-флювиогляциальные) занимают ведущие позиции на низких гипсометрических уровнях в бассейнах рек Былины и верхней Моломы. Помимо этих участков они выходят местами на вершины низких плоских водоразделов, часто в виде тонкого плаща, образуя двучленные литокомплексы: пески, сменяемые на глубинах около одного метра и более суглинками ледникового происхождения. Крупные ареалы песчаных осадков отмечаются, например, в северо-восточном углу заказника, по южной периферии Кайского болота.

В целом можно констатировать, что северная и южная части заказника сложены с поверхности преимущественно суглинисто-глинистыми почвообразующими отложениями и не менее трети поверхности, главным образом в средней части ООПТ покрыто песчано-супесчаными или двучленными – песчано-суглинистыми – наносами. Суглинистые и двучленные отложения на фоне избыточного количества осадков являются фактором, провоцирующим переувлажнение и восстановительные процессы педогенеза. Это отражается на типовом и подтиповом составе почв, их пространственном распределении, а также на составе растительного покрова заказника – важного биогенного фактора почвообразования.

Растительность. Древесная растительность ГПЗ в прошлом была представлена преимущественно среднетаежным темнохвойными пихтово-еловыми и, в меньшей степени, светлохвойными сосновыми лесами с примесью мелколиственных пород. Однако в ходе интенсивных лесозаготовок целинные фитоценозы сохранились на крайне ограниченных площадях и к настоящему времени замещены переходными растительными ассоциациями, находящимися на различных стадиях послерубочных, а в северной части и постагрогенных сукцессий разного возраста и флористического состава. Часть из них приближается к зрелому состоянию, другая относится к средневозрастным насаждениям с большой долей мелколиственных пород в структуре древостоев, а есть и кварталы, занятые маловозрастными дендроценозами с господством березы, примесью сосны и других

светолюбивых пород. Среди лесов многие участки характеризуются различной степенью заболоченности вследствие общих биоклиматических и почвенно-гидрологических условий. Обращает внимание переувлажнённость бывших сельскохозяйственных, ныне залежных луговых, в т. ч закустаренных и облесяющихся земель, занимавших в прошлом наиболее возвышенные участки водоразделов. Малозольный состав фоновой среднетаёжной растительности не благоприятствует биоаккумулятивным процессам в почвах заказника, что закономерно на фоне господства промывного и сопутствующих типов водного режима в сочетании с выщелоченными материнскими породами.

Почвы. О составе основных типов и подтипов почв заказника, выявленных нами в ходе предварительных исследований можно судить на основании данных табл. 4.

Таблица 4

Систематический список и строение профилей почв ГПЗ «Былина»

Типы почв	Подтипы почв	Строение профиля
Подзолистые - П	Подзолистые (типичные) - П	O+(AY)+EL+BEL+BT+BC+C
	Подзолистые глееватые - Пг	O+(AY)+EL+BELg+BTg+BCg+C(g)
Подзолисто-глеевые - Пг	Подзолисто-глеевые типичные - Пг	O+(AY)+ELg+BELg+BTg+G+BCg+C(g)
Торфяно-подзолисто-глеевые - Птг	Торфяно-подзолисто-глеевые типичные - Птг	O+(AY)+To+ELg+BELg+BTg+G+BCg+C(g)
Подзолы - ПО	Подзолы иллювиально-железистые - По ^{иж}	O+(AY)+E+BEL+BF+BC+C
	Подзолы иллювиально-гумусовые - По ^{иг}	O+(AY)+E+BEL+BH+BC+C
	Подзолы иллювиально-железисто-гумусовые - По $^{иж, иг}$	O+(AY)+E+BEL+BFH+BC+C
	Подзолы иллювиально-гумусовые глееватые- Пог ^{иг}	O+(AY)+Eg+BELg+BHg+BCg+C(g)
	Подзолы иллювиально-железистые глееватые - Пог ^{иж}	O+(AY)+Eg+BELg+BFg+BCg+C(g)
Подзолы глеевые - Пог	Подзолы глеевые иллювиально-гумусовые - Пог^{иг}	O+(AY)+Eg+BELg+BHg+G+BCg+C(g)
	Подзолы глеевые иллювиально-железистые - Пог^{иж}	O+(AY)+Eg+BELg+BFg+G+BCg+C(g)
Торфяно-подзолы - Потг	Торфяно-подзолы глеевые иллювиально-гумусовые - Потг^{иг}	O+To+Eg+BELg+BHg+G+BCg+C(g)
	Торфяно-подзолы глеевые иллювиально-железистые - Потг^{иж}	O+To+Eg+BELg+BFg+G+BCg+C(g)
Дерново-	Дерново-подзолистые	O+AY+EL+BEL+BT+BC+C

подзолистые - Пд	(типичные) - Пд	
	Дерново-подзолистые глееватые - Пд^{г}	O+AY+ELg+BELg+BgT+BCg+C(g)
Дерново-подзолисто-глеевые - Пдг	Дерново-подзолисто-глеевые (типичные) - Пд	O+AY+ELg+BELg+BTg+G+BCg+C(g)
Дерново-подзолы - По^{д}	Дерново-подзолы иллювиально-железистые - Под ^{иж}	O+AY+E+BEL+BF+BC+C
	Дерново-подзолы иллювиально-гумусовые - Под ^{иг}	O+AY+E+BEL+BH+BC+C
	Дерново-подзолы иллювиально-железисто-гумусовые - Под $^{иж, иг}$	O+AY+E+BEL+BFH+BC+C
	Дерново-подзолы глееватые - Подг	O+AY+Eg+BELg+B(HF)g+BCg+C(g)
Дерново-подзолы глеевые - Подг	Дерново-подзолы глеевые иллювиально-железистые - Подг^{иж}	O+AY+Eg+BELg+BFg+BCg+C(g)
	Дерново-подзолы глеевые иллювиально-гумусовые - Подг^{иг}	O+AY+Eg+BELg+BHg+BCg+C(g)
Агродерново-подзолистые - АП^{д}	Агродерново-подзолистые - АП^{д}	P+(EL)+BEL+BT+BC+C
	Агродерново-подзолистые глееватые - АП^{дг}	P+(EL)+BELg+BTg+BCg+C(g)
Агродерново-подзолы - АПод	Агродерново-подзолы иллювиально-железистые - АПод ^{иж}	P+(E)+BEL+BF+BC+C
	Агродерново-подзолы иллювиально-гумусовые - АПод ^{иг}	P+(E)+BEL+BH+BC+C
	Агродерново-подзолы иллювиально-железисто-гумусовые - АПод $^{иж, иг}$	P+(E)+BEL+BFH+BC+C
	Агродерново-подзолы глееватые - АПодг	P+(E)+BELg+BFHg+BCg+C(g)
Агродерново-подзолы глеевые - АПодг	Агродерново-подзолы глеевые типичные- АПодг	P+(E)+BELg+BFHg+G+BCg+C(g)
Дерновые оглеенные - Дг	Дерновые глеевые - Д^{Г}	O+AY(U)g+Bg+G+BCg+C(ca)
	Дерновые глееватые - Д^{г}	O+AY(U)g+BTg+BCg+C(ca)
	Дерновые глееватые оподзоленные - Д^{гоп}	P+AYEL(BEL)+BTg+Bg(ca)+Cca
Перегнойно-	Перегнойно-глеевые	O+H+Bg+G+DCg+Cca

глеевые почвы - Нг	почвы - Нг	
Торфяные олиготрофные (болотные верховые)	Торфяные олиготрофные (болотные верховые) типичные	O+To+G+Cg
Торфяные эутрофные (болотные низинные)	Торфяные эутрофные (болотные низинные) типичные - Тэ	O+Тэ+G+Cg(ca)
	Перегнойные эутрофные (болотные низинные) типичные - Тэ^{п}	O+H+G+Cg(ca)
Аллювиальные дерновые - Алд	Аллювиальные дерновые (серогумусовые) слоистые - Алдсл	(O)+AY+IIIсл+IVсл+Vсл+C
	Аллювиальные дерновые (серогумусовые) типичные - Алд	(O)+AY+III+IV+V+C
	Аллювиальные дерновые (серогумусовые) глееватые - Алдг	O+AY(g)+IIIg+IVg+Vg+C
	Аллювиальные дерновые (серогумусовые) глеевые - Алдг	O+AY(g)+G+IIIg+IVg+Vg+C
Аллювиальные торфяно-глеевые - Алтг	Аллювиальные торфяно-глеевые типичные - Алтг	O+Тэ+G+Cg
	Аллювиальные торфяно-минерально-глеевые - Алтг^{мн}	O+Тэmr+G+Cg
Аллювиальные перегнойно-глеевые - Алпг	Аллювиальные перегнойно-глеевые типичные - Алпг	O+H+G+Cg
	Аллювиальные иловато-перегнойно-глеевые - Алпг^{ил}– Алпгил	O+Hmr+G+Cg

Выводы

В ходе предварительных исследований на территории ГПЗ «Былина» в общей сложности авторами было изучено около 90 почвенных разрезов, позволяющих впервые дать достаточно целостное представление о составе почвенного покрова (и свойствах) основных типов почв, соответствующих в целом среднетаёжным природным условиям.

В результате различного сочетания абиогенных, биогенных (и социальных) факторов почвообразования на территории заказника сформировалось достаточно большое количество почвенных разностей, принадлежащих к различным типам, подтипам, родам, видам, разрядам и разновидностям почв. Каждая из них занимает соответствующее положение в местном ландшафте и определяет лицо локальных геосистем на уровне фаций и более крупных природных комплексов благодаря особенностям вертикального строения профиля и субстантивным морфологическим и внутренним – физическим, химическим, физико-химическим, агрохимическим и иным свойствам, – включая их биопродуктивность.

Наиболее распространёнными являются представители следующих типов и подтипов почв: 1) подзолистые и подзолистые глееватые на моренных валунных и покровных суглинках; 2) торфяно-подзолисто-глеевые; 3) подзолы и подзолы глеевые; 4) торфяно-подзолы глеевые; 5) торфяные олиготрофные; 6) торфяные эутрофные; 7) дерновые оглеенные; 8) аллювиальные дерновые; 9) аллювиальные торфяно-глеевые; 10) аллювиальные перегнойно-глеевые и др. Реже встречаются дерново-подзолистые, дерново-подзолы и другие типы почв. Основные типы почв заказника формируются при ведущей роли элювиальных и болотных процессов педогенеза.

Литература

1. География Кировской области : атлас-книга / под. ред. и предисл. Е. А. Колеватых, А. М. Прокашева, Г. А. Русских. Киров: Кир. обл. тип., 2015. 80 с.

2. *Прокашев А. М., Черезова И. А., Вартан И. А.* Предварительные данные о почвах заказника «Былина» // Историко-культурный образ территории Кировской области : сб. статей. Киров: Изд-во МЦИТО, 2017. С. 91–97.

3. *Рябов В. М.* Фауна государственного природного заказника "Былина". Ч. 1. Позвоночные животные / Упр. охраны окружающей среды и природопользования Киров. обл., Гос. природ. заказник "Былина". Киров, 2007. 174 с.

4. *Тарасова Е. М.* Флора государственного природного заповедника «Былина» / Упр. охраны окружающей среды и природопользования Киров. обл., Гос. природ. заказник «Былина». Киров, 2005. 222 с.

5. *Тюлин, В. В.* Почвы Кировской области. Киров : Волго-Вят. кн. изд-во. Киров. отд-ние, 1976. 288 с.

6. Фациальная структура ландшафтов заказника «Былина» / *И. А. Черезова и др.* // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XII Всерос. науч.-практич. конф. Кн. 2. Киров, 2017. С. 95–99.

7. Экологический информационно-аналитический портал Кировской области. Государственный природный заказник «Былина». URL : http://priroda.kirovreg.ru/ecology/okhrana-territoriy-ividov/oopt-regionalnogo-znacheniya/zakazniki/bylina/ (дата обращения 09.11.2017).

УДК 631.4

ПОДЗОЛЫ И ДЕРНОВО-ПОДЗОЛЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

А. М. Прокашев, И. А. Вартан, А. С. Матушкин, С. А. Пупышева, А. Н. Винокуров
Вятский государственный университет, г. Киров,
amprokashev@gmail.com

В статье представлены данные о свойствах и особенностях географии характерных представителей отдела альфегумусовых почв заказника «Былина». Отражены особенности морфологии, физических, физико-химических и агрохимических свойств, впервые дающие представление о базовых субстантивных свойствах этой особо охраняемой природной территории на северо-западе Кировской области.

Ключевые слова: подзолы, дерново-подзолы, гранулометрический состав, реакция, органическое вещество

Введение

Почвенный покров Северных Увалов в пределах территории Кировской области и ГПЗ «Былина» в настоящее время находится на начальных стадиях исследования. Первые систематические сведения о почвах лёгкого гранулометрического состава изложены в монографии В. В. Тюлина [3], но они не связаны с рассматриваемой нами особо охраняемой природной территорией (ООПТ) федерального значения. Вместе с тем, подзолы и дерново-подзолы – одни из наиболее распространённых и в то же время наименее изученных типов почв заказника комплексного назначения [1, 2, 4]. В последние годы авторами предприняты усилия по сбору полевых и аналитических материалов для пополнения банка данных о составе основных компонентов педосферы заказника и их субстантивных свойств. В отличие от подзолистых почв, с которыми они имеют много общего в условиях почвообразования и свойствах, данные почвы формируются на породах легкого гранулометрического и преимущественно кварцевого минералогического состава, бедны глинистыми минералами и обогащены кварцем – главным компонентом маргинальных песчано-супесчаных почв. При этом дерново-подзолы заказника весьма близки по морфологии и свойствам подзолам, отличаясь главным образом наличием несколько более выраженного серогумусового горизонта AY мощностью 6–10 см, реже более. Ниже частично представлены данные о подзолах и дерново-подзолах ГПЗ «Былина», полученные нами в ходе полевых и лабораторных исследований.

Объекты и методы

Объектами исследований являлись подзолыи дерново-подзолы – представители отдела альфегумусовых почв, – образованныепреимущественно на водно-ледниковых песчано-супесчаных, а также двучленных отложениях, широко распространённых в пределах ООПТ в местах с маломощным флювиогляциальным покровом, подстилаемым на глубинах до 1 м (или несколько более) преимущественно моренными суглинками. В настоящей работе использовались общепринятые методы массовых почвенных полевых и лабораторно-аналитических исследований: сравнительный почвенно-географический, профильный (морфологогенетический), методы гранулометрических (по Качинскому), физико-химических и агрохимических анализов.

Обсуждение результатов

Об условиях почвообразования на территории заказника можно судить на основании обзорных сведений, представленных выше в одной из статей настоящего сборника. Поэтому ниже излагаются конкретные данные о субстантивных свойствах рассматриваемых почв (табл. 1).

Подзолы – один из наиболее характерных типов среди почв, развитых на легких – песчано-супесчаных – водно-ледниковых наносах, широко распространённых в центральной, низинной части заказника, особенно в бассейне р. Былины, хотя они встречаются и в других местах, с выходами на низкие междуречные пространства.

Таблица 1

Морфология подзолов ГПЗ «Былина»

Горизонт, глубина, см	Морфология горизонтов
Подзолы на водно-ледниковых отложениях Разрез ЗБ113 // По3пВ: Подзол глубокий иллювиально-железистый, песчаный на водно-ледниковых песках и супесях	
O (0-4)	Влажный, буровато-чёрный, слаборазложившийся опад из древесно-кустарничковой растительности, корней много, переход ясный, ровный
E (4-39)	Влажный, серовато-белесый, песчаный, непрочнокомковатый, рыхлый, присыпка скелетаны, в верхней части горизонта пятна гидроксидов Fe, корней много, переход ясный, языковатый
BE (39-54)	Влажный, белесовато-рыжеватый, супесчаный, плотный, с налётами гидроксидов Fe и Mn, в верхней части редкие корни, переход постепенный
BF (54-101)	Мокрый, коричневато-рыжеватый, супесчаный, уплотненный, комковатый, в верхней части с налётами гидроксидов Fe, корней нет, переход не вскрыт
Разрез ЗБ115 // По2пВ: Подзол глубокий иллювиально-гумусовый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях	
O (0-4)	Сухой, буровато-серый, слаборазложившийся опад древесной растительности
E (4-12)	Свежий, серовато-белесоватый, песчаный, с включениями слабо окатанной кремневой гальки размером до 2 см, мелкозернисто-мелкокомковатый, рыхлый, присыпка скелетаны, корней много, переход ясный, волнистый
BE (12-51)	Свежий, белесовато-буроватый, супесчаный, с галькой до 2 см, мелкозернисто-мелкокомковатый, присыпка скелетаны, примазки гидроксидов Fe, корней меньше, переход постепенный
BH1 (51-70)	Свежий, коричневато-буроватый, супесчаный, с включениями гравия величиной до 1 см, мелкокомковатый, налёты гидроксидов Fe, корни единичные, переход не вскрыт
Разрез ЗБ117 // По1пВ: Подзол поверхностный иллювиально-железистый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях	
O (0-3)	Влажный, буровато-чёрный, слаборазложившийся опад древесной и кустарничковой растительности, корни обильные, переход ясный, ровный
E (3-8)	Влажный, серовато-белесый, песчаный, в нижней части с единичными включениями гравия размером до 1 см, непрочномелкокомковатый, белесоватая присыпка скелетаны, рыхлый, корней много, переход ясный, ровный
BF (8-107)	Влажноватый, рыжевато-коричневатый, песчаный, с включениями гальки величиной до 2 см, мелкокомковатый, уплотненный, в средней части горизонта пятна гидроксидов Mn, корней много в верхней части горизонта, переход не вскрыт
Разрез ЗБ118 // По3пВ: Подзол неглубокий иллювиально-железистый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях	

Горизонт, глубина, см	Морфология горизонтов
О (0-4)	Свежий, черновато-серый, слабо-среднеразложившийся опад хвойной и лиственной растительности, переход ясный, волнистый
Е (4-14)	Свежий, серовато-белесоватый, песчаный, непрочнокомковатый, уплотненный, присыпка скелетаны, корней много, переход волнистый с признаками языковатого
ВЕ (3-28)	Свежий, белесовато-рыжевато-коричневый, песчаный, с примесью редкой слабоокатанной гальки величиной до 2 см, мелкокомковатый, рыхлый, пятна гидроксидов Fe, корней много, переход постепенный
В1 (28-78)	Свежий, рыжевато-бурый, песчаный, с галькой, гравием, валунами до 15 см, бесструктурный, с признаками агрегатов комковатой формы, уплотненный, интенсивная пропитка гидроксидами Fe, в нижней части ортштейны, корни единичные, переход ясный, ровный
BF2 (78-112)	Свежий, серовато-бурый, песчаный, с валунами до 20 см в поперечнике, комковатый, уплотненный, в средней части с ортзандовой прослойкой из гидроксидов Fe, корней нет, переход не вскрыт
Разрез ЗБ119 //По1пВ: Подзол поверхностный иллювиально-железистый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях	
О (0-3)	Влажный, серовато-черный, слаборазложившийся опад древесной и кустарничковой растительности, корни обильные, переход ясный, ровный
Е (3-11)	Влажный, серовато-белесый, песчаный, с обилием гальки размером до 2–5 см, мелкокомковатый, рыхлый, присыпка скелетаны, корней много, переход ясный, ровный
В1 (11-65)	Влажный, красновато-коричневатый, песчаный, с гравием размером до 1 см, мелкокомковатый, рыхлый, в нижней части налёты гидроксидов Mn, корней меньше, чем в вышележащем горизонте, переход постепенный
BF2 (65-130)	Влажный, коричневато-рыжеватый, песчаный, с галькой до 2 см в поперечнике, мелкокомковатый, уплотненный, в верхней части имеется ортзандовая прослойка из гидроксидов Fe, корней нет, переход не вскрыт
Подзолы на двучленных водно-ледниково-моренных отложениях Разрез ЗБ110 // Пог2пВМ: Подзол глубокий глееватый песчаный на водно-ледниковыхпесках и супесях, подстилаемых на глубине до 50 см моренным валунным суглинком	
О (0-9)	Влажный, серовато-чёрный, слаборазложившийся опад древесной и моховой растительности, корни обильные, переход ясный, ровный
Eg (9-22)	Влажный, сизовато-белесый, песчаный, с включениями гальки размером до 2 см, бесструктурный, рыхлый, присыпка скелетаны, налеты закисного железа, корни единичные, переход постепенный
ВЕ (22-43)	Мокрый, буровато-красновато-белесый, песчаный, с галькой величиной до 2–5 см, бесструктурный, рыхлый, присыпка скелетаны, единичные корни в верхней части горизонта, переход ясный, языковатый
BD1 (43-80)	Мокрый, красновато-коричневатый, среднесуглинистый, с галькой размером 2–5 см, ореховатый, плотный, корней нет, переход не вскрыт
Разрез ЗБ111 // По3гпВМ: Подзол глубокий глееватый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых на глубине более 50 см моренным валунным суглинком	
О (0-6)	Влажный, черноватый, среднеразложившийся опад кустарничковой растительности, корней много, переход ясный, ровный
Eg (6-14)	Влажный, сизовато-сероватый, рыхлый, песчаный, бесструктурный, с присыпкой скелетаны, примазки гидроксидов Fe и Mn, корней много, переход ясный, волнистый

Горизонт, глубина, см	Морфология горизонтов
BEg (14-65)	Важный, сизо-коричневый, песчаный, с кремневой галькой до 2 см в поперечнике, комковатый, рыхлый, присыпка скелетаны, налеты закисного железа, обильные примазки гидроксидов Fe и Mn, корней меньше чем в гор. Eg, переход постепенный
BD1 (65-100)	Влажный, рыжевато-коричневый, среднесуглинистый, комковатый, уплотненный, с ортштейнами, корней нет
Разрез ЗБ112 // По3гпВМ: Подзол глубокий глееватый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых на глубине более 50 см моренным валунным суглинком	
O (0-11)	Влажный, черный, слаборазложившийся опад древесной растительности, корней много, переход ясный, ровный.
Eg (11-28)	Влажный, сизовато-белесый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, с присыпкой скелетаны, налеты закисного железа, в нижней части примазки гидроксидов Mn, корней много, переход ясный, волнистый
BEg (28-69)	Мокрый, красновато-охристый, супесчаный, в нижней части с галькой размером до 2 см, мелкокомковатый, плотный, в средней части горизонта обильные примазки гидроксидов Mn, на глубине 44-66 см сизая полоска с налётами закисного железа, корней меньше чем в гор. Eg, переход ясный, ровный
BDG1 (69-83)	Мокрый, серовато-сизый, среднесуглинистый, в верхней части с гравием и галькой величиной до 1–2 см, бесструктурный, плотный, много сизых налётов закисного железа, и охристых пятен по всему горизонту, корни единичные, переход не вскрыт
Разрез ЗБ122 // По2пВМ: Подзол неглубокий песчаный на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых на глубине до 50 см моренным валунным суглинком	
O (0-4)	Влажный, коричневато-чёрный слаборазложившийся опад древесной и моховой растительности, переход ясный, ровный
E (4-12)	Влажный белесовато-серый, песчаный, непрочнокомковатый, уплотненный, скелетана по всему горизонту, корней много, переход постепенный
BE (12-28)	Влажный, белесовато-сероватый, песчаный, с галькой размером до 5 см, комковатый, уплотненный, скелетана, корней много, переход ясный, ровный
BD1 (28-80)	Мокрый, рыжевато-коричневатый, песчаный, комковато-ореховатый, плотный, корни единичные, переход не вскрыт
Разрез ЗБ159 // П3гигпВМ: Подзол мелкий глееватый иллювиально-гумусовый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых на глубине более 50 см моренным валунным суглинком	
O (0-10)	Сырой, желтовато-буровато-коричневатый, средне-слаборазложившийся опад древесной, травянистой и сфагновой растительности, корней много переход ясный, волнистый
Eg (10-30)	Сырой, белесовато-серый с черноватыми и буроватыми пятнами, песчаный, бесструктурный, рыхлый, много сизовато-оливковых примазок закисного железа и мелких рыжевато-бурых налётов гидроксидов Fe и Mn величиной до 5-10 мм, корней мало, переход ясный, волнисто-языковатый
BH1 (30-82)	Мокрый, кофейной, местами рыжеватой окраски, песчаный, бесструктурный, рыхлый, много рыжевато-бурых пятнистых примазок гидроксидовFe величиной до1 см в поперечнике, корни редкие, переход ясный, волнистый, заметный по изменению гранулометрического состава

Горизонт, глубина, см	Морфология горизонтов
	и окраски
BD2g (82-92)	Мокрый, буровато-оливковый, среднесуглинистый, вязкий, бесструктурный, уплотненный, обильные оливковые налеты закисного железа, корней нет, переход не вскрыт
Разрез ЗБ121 // Под2уВ: Дерново-подзол поверхностный супесчаный на водно-ледниковых песках и супесях (подстилаемых на глубине ниже 100 см моренным валунным суглинком)	
О (0-7)	Свежий, средне-слаборазложившийся опад лиственной и хвойной древесной растительности, переход ясный, ровный
АУ (7-13)	Свежий, серовато-бурый, супесчаный, непрочномелкокомковатый, уплотненный, корней много, переход ясный, волнистый
Е (13-19)	Свежий, серовато-белесоватый, супесчаный, непрочнокомковатый, уплотненный, присыпка скелетаны, корней меньше, чем в гор. АУ, переход ясный, волнистый
В1 (19-47)	Свежий, рыжевато-коричневый, супесчаный, со слабо окатанной галькой величиной до 2 см, плотный, небольшие примазки гидроксидов Fe размером до 3 см, корней больше, чем в гор. Е, переход ясный, ровный
В2 (47-94)	Свежий, рыжевато-коричневый с серыми прожилками, песчаный, со слабо окатанной галькой до 2 см и валунами до 15 см в опесчаненной толще, комковатый, оглинённые включения сизого цвета небольшой плотности, вертикально вытянутые примазки серого цвета, переход не вскрыт

Морфолого-генетический анализ свидетельствует, что подзолы на водно-ледниковых песках и двучленных отложениях имеют некоторые черты сходства с подзолистыми почвами. Во-первых, это отсутствие или крайне малая мощность гумусово-аккумулятивного горизонта АУ. Во-вторых, наличие развитого элювиального горизонта Е (+ВЕ), обогащённого скелетаной, мощностью от нескольких до 30–40 см и более. В-третьих, наличие в ряде случаев признаков оглеения профиля сучастием закисных соединений железа. Вместе с тем, в силу принадлежности к альфегумусовому отделу они характеризуются наличием специфического срединного иллювиального горизонта В, часто обогащенного вмытыми сюда гидроксидами железа (BF), придающими ему охристую или ржаво-бурую окраску, фульватного гумуса (ВН), отличающегося кофейными оттенками, или аккумуляцией обоих групп соединений на одном уровне или в разных подгоризонтах (BHF) с соответствующей цветовой гаммой.

Как известно, гидроксиды Fe в условиях гумидных таёжных ландшафтов способны образовывать комплексные (хелатные) соединения с наиболее подвижными фракциями фульвокислот и под защитой последних мигрировать в нисходящем направлении, вплоть до грунтовых вод. Этому благоприятствует промывной или водозастойно-промывной тип водного режима, а также легкий гранулометрический состав почв, о чём будет сказано ниже. В случае формирования подзолов на двучленных отложениях, широко распространённых в пределах ГПЗ, они чаще, чем подзолы на более мощных песках, оглеены. Судя по морфологии профилей, данные почвы формируются при специфическом наборе процессов биоаккумулятивной и элювиально-иллювиальной и, отчасти, педометаморфической природы. Среди процессов первой группы наиболее характерным является подстилкообразование, ведущее к развитию довольно мощного горизонта О или АО мощностью от 4–6 до 10 см и более. Гумусообразование в этой группе процессов, по-видимому, не сопровождается его сколь-нибудь заметным накоплением в составе горизонта АУ, и, как будет сказано далее реализуется в ином варианте. Из процессов второй группы

для подзолов типичны два главных – иллювиально-железистый и иллювиально-гумусовый. Педометаморфические процессы представлены главным образом оглеением, особенно у подзолов на двучленных наносах.

Гранулометрический состав подзолов резко отличен от подзолистых почв (табл. 2). В составе мелкозёма, сложенного водно-ледниковым наносом, основная доля приходится на фракции физического песка, особенно на песок крупный, средний и мелкий, а также крупную пыль. Среди них большая часть представлена крупным и средним песком – более 50–80%, мелкий песок составляет от 10 до 30%, крупной пыли чаще не более 10–15%, Фракция физическойглины редко превышает 10%, не обнаруживая существенных различий в её составе содержания средней, мелкой пыли и ила. На последнюю из фракций приходится в основном не более 2–4%, а часто – доли процента, особенно в нижележащих горизонтах, что является характерной особенностью подзолов, отличающих их от собственно подзолистых почв.

Дерново-подзол по гранулометрическому составу аналогичен подзолам.

В случае двучленного строения профиля наблюдается резкое изменение гранулометрического состава на контакте между различными генетическими почвообразующими толщами. При этом доля физической глины в низах профиля возрастает до 30% и более, а песчаных фракций, соответственно, снижается, как, например, в случае с разр. ЗБ110.

Таблица 2

Гранулометрический состав подзолов и дерново-подзолов ГПЗ «Былина»

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций в мм, %							Гигр. влага, %
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01	
Подзолы на водно-ледниковых отложениях Разрез ЗБ117 // По1пВ: Подзол поверхностный иллювиально-железистый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях									
О	0 - 3	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	5,1
Е	3 - 8	72,3	12,2	10,9	3,1	1,3	0,3	4,6	0,4
В1	8 - 107	53,2	20,9	19,6	2,0	4,2	0,2	6,3	0,2
Разрез ЗБ118 // По3пВ: Подзол неглубокий иллювиально-железистый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях									
О	0 - 4	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	10,7
Е	4 - 14	71,5	14,1	9,8	3,3	1,1	0,2	4,6	0,4
ВЕ	3 - 28	72,0	12,3	12,0	1,2	2,1	0,4	3,7	0,6
В1	28 - 78	87,6	8,5	2,6	0,9	0,3	0,0	1,2	0,8
ВF2	78 - 112	81,1	16,3	2,3	0,2	0,2	0,0	0,4	0,4
Разрез ЗБ119 //По1пВ: Подзол поверхностный иллювиально-железистый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях									
О	0 - 3	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	5,26
Е	3 - 11	71,0	16,0	10,5	1,9	0,3	0,2	2,5	0,40
В1	11 - 65	82,5	14,6	2,8	0,0	0,2	0,1	0,3	0,20
ВF2	65 - 130	62,8	28,5	6,3	1,5	0,3	0,5	2,4	0,20
Подзолы на двучленных водно-ледниково-моренных отложениях Разрез ЗБ110 // Пог2пВМ: Подзол глубокий глееватый песчаный на водно-ледниковыхпесках и супесях, подстилаемых на глубине до 50 см моренным валунным суглинком									
О	0 - 9	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	16,9
Eg	9 - 22	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
ВЕ	22 - 43	61,0	16,3	14,4	2,7	1,2	4,4	8,3	1,0

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций в мм, %							Гигр. влага, %
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01	
BD1	43 - 80	24,1	22,4	15,7	6,2	8,4	23,3	37,8	2,0
Разрез ЗБ111 // По3гпВМ: Подзол глубокий глееватый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых на глубине более 50 см моренным валунным суглинком									
О	0 - 6	-	-	-	-	-	-	-	10,5
Eg	6 - 14	62,9	21,3	9,6	1,7	2,1	2,6	6,3	1,4
BEg	14 - 65	57,1	25,2	8,8	3,2	2,6	3,2	9,0	0,4
B1	65 - 100	52,7	10,8	27,9	2,4	5,1	1,2	8,7	1,2
Разрез ЗБ112 // По3гпВМ: Подзол глубокий глееватый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых на глубине более 50 см моренным валунным суглинком									
О	0 - 11	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	8,2
Eg	11 - 28	67,9	11,94	13,7	2,9	3,1	0,5	6,6	0,4
BEg	28 - 69	80,9	9,6	7,3	0,5	1,3	0,4	2,2	1,0
BDG1	69 - 83	57,6	19,0	15,4	3,4	4,0	0,6	8,0	0,4
Разрез ЗБ121 // Под2уВ: Дерново-подзол поверхностный супесчаный на водно-ледниковых песках и супесях (подстилаемых на глубине ниже 100 см моренным валунным суглинком)									
О	0 - 7	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	12,2
AY	7 - 13	36,4	13,2	33,3	7,8	8,3	1,0	17,1	0,4
E	13 - 19	45,6	2,5	39,1	5,2	6,5	1,1	12,8	0,6
B1	19 - 47	55,8	4,0	30,1	6,0	3,0	1,1	10,1	2,3
B2	47 - 94	57,9	16,8	17,4	1,1	5,4	1,5	7,9	2,0

Отмеченные особенности гранулометрического состава соответствующим образом отражаются на актуальных – физико-химических и биохимических – свойствах подзолов (табл. 3).

Таблица 3

Физико-химические свойства подзолов и дерново-подзолов ГПЗ «Былина»

Горизонт	Глубина, см	pH		Hг	S	E	V	OB
		H2O	KCl	Смоль(экв)/1 кг почвы			%	
Подзолы на водно-ледниковых отложениях Разрез ЗБ115 // По2пВ: Подзол глубокий иллювиально-гумусовый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях								
О	0 - 4	5,0	4,3	63,0	3,2	66,2	5	31,71
E	4 - 12	4, 9	3,6	5,1	1,1	6,2	18	0,65
BE	12 - 51	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
B1	51 - 70	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Разрез ЗБ117 // По1пВ: Подзол поверхностный иллювиально-железистый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях								
О	0 - 3	5,2	4,9	54,3	4,7	59,0	8	39,31
E	3 - 8	5,1	3,7	2,6	0,8	3,4	23	0,28
B1	8 - 10	5,4	4,2	5,6	1,2	6,8	18	0,28
Разрез ЗБ118 // По3пВ: Подзол неглубокий иллювиально-железистый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях								
О	0 - 4	5,4	4,9	50,8	0	50,8	0	37,68
E	4 - 14	5,2	3,9	3,5	0,7	4,2	17	0,59

Горизонт	Глубина, см	pH		Hг	S	E	V	ОВ
		H2O	KCl	Смоль(экв)/1 кг почвы			%	
BE	3 - 28	5,3	4,3	4,9	0,0	4,9	0	0,43
B1	28 - 78	5,7	4,4	3,7	1,4	5,1	28	0,17
BF2	78 - 112	6,2	4,6	2,3	2,7	5,0	54	0,07
Разрез ЗБ119 //По1пВ: Подзол поверхностный иллювиально-железистый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях								
O	0 - 3	4,6	3,8	61,3	5,1	66,4	8	33,99
E	3 - 11	5,3	3,8	3,0	2,7	5,7	47	0,35
B1	11 - 65	5,8	4,4	3,9	2,8	6,7	42	0,09
BF2	65 - 130	5,8	4,4	3,2	3,4	6,6	52	0,09
Подзолы на двучленных водно-ледниково-моренных отложениях Разрез ЗБ110 // Пог2пВМ: Подзол глубокий глееватый песчаный на водно-ледниковыхпесках и супесях, подстилаемых на глубине до 50 см моренным валунным суглинком								
O	0 - 9	4,3	3,3	134,80	3,3	138,1	2	43,00
Eg	9 - 22	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
BE	22 - 43	5,0	4,1	6,1	0,8	6,9	12	н/о
B1	43 - 80	5,6	3,8	8,8	11,8	20,6	57	н/о
Разрез ЗБ111 // По3гпВМ: Подзол глубокий глееватый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых на глубине более 50 см моренным валунным суглинком								
O	0 - 6	4,9	4,2	89,3	6,7	96,0	7	43,00
Eg	6 - 14	4,9	3,6	5,6	2,7	8,3	32	
BEg	14 - 65	5, 5	4,3	7,2	0,1	7,3	1	0,30
B1	65 - 100	5,7	3,8	7,0	10,3	17,3	60	0,15
Разрез ЗБ112 // По3гпВМ: Подзол глубокий глееватый песчаный на водно-ледниковых песках и супесях, подстилаемых на глубине более 50 см моренным валунным суглинком								
O	0 - 11	4,9	3,7	161,0	4,0	165,0	2	43,00
Eg	11 - 28	5,4	4,2	3,7	0,6	4,3	14	0,33
BEg	28 - 69	4,9	3,8	14,2	0,0	14,2	0	0,33
B1G	69 - 83	5,4	4,2	3,2	1,0	4,2	24	0,18
Разрез ЗБ121 // Под2уВ: Дерново-подзол поверхностный супесчаный на водно-ледниковых песках и супесях (подстилаемых на глубине ниже 100 см моренным валунным суглинком)								
O	0 - 7	5,3	4,8	н/о	3,3	н/о	н/о	42,1
AY	7 - 13	4,7	3,3	19,1	0,1	19,2	1	1,8
E	13 - 19	4,9	3,6	17,0	0,9	17,9	5	1,2
B1	19 - 47	5,2	4,1	16,8	1,7	18,5	9	1,8
B2	47 - 94	6,0	4,2	4,0	11,8	15,8	74	0,6

Подзолы крайне бедны гумусом, количество которого в большинстве генетических горизонтов составляет около 0,5% и менее, закономерно снижаясь в направлении нижней части профиля. Исключением являются органогенные горизонты О, где зафиксированы наиболее высокие количества органического вещества, судя по морфологии, мор-модер состава, т. е. грубого, слабогумифицированного и кислого, фульватного, состава, как видно из дальнейшего. В гумусовом горизонте дерново-подзола отмечено количество ОВ в размере около 2%, а в гор. Е более 1%, что несколько отличает данный тип почв от подзолов.

Судя по показателям pH данные почвы обладают среднекислой реакцией почвенных растворов и сильнокислой реакцией твёрдой фазы. При этом элювиальные горизонты Е часто обнаруживают тенденцию к наиболее кислому статусу в профиле. Особенно наглядное представление о реакции подзолов дают показатели общей потенциальной кислотности – Нг. Максимальные их величины приурочены к органогенным горизонтам лесной подстилки, где они составляют, как правило, не менее 50-60 Смоль/1 кг почвы, а в отдельных случаях в 2–3 раза превосходят эти величины. В нижележащих минеральных горизонтах они резко снижаются до величин менее 10 Смоль/1 кг почвы, при этом часто с минимумом в гор. Е, обладающим низкими сорбционными свойствами из-за бедности минеральными и органическими коллоидами.

Напротив, содержание поглощённых оснований – ионов Ca и Mg – в подзолах, включая и их органогенные горизонты крайне мало, составляя первые Смоль-эквиваленты, а нередко и нулевые величины. В результате ЕКО в этих почвах, за исключением гор. О весьма низкая, почти целиком определяющаяся показателями гидролитической кислотности. Как следствие, степень насыщенности основаниями крайне мала, часто на уровне первых десятков процентов, а в органогенных горизонтах снижается до первых процентов и даже до нулевых значений. По большинству актуальных свойств дерново-подзолы (судя по ограниченным аналитическим данным) аналогичны подзолам.

Выводы

Таким образом, рассматриваемые почвы обладают крайне низкими показателями биопродуктивности. Как и подзолистые почвы, в целом они встречаются на всей территории заказника, но наиболее распространены в его средней и южной частях – в бассейне рек Былины и верхней Моломы. Здесь на сниженных гипсометрических уровнях обычны ареалы водно-ледниковых наносов лёгкого гранулометрического состава или двучленных по сложению, а в бассейне Моломы близкие к ним озерно-ледниково-водно-ледниковые седименты с близкими свойствами. Как можно судить по аналитическим показателям рассмотренных выше основных типов почв, вполне закономерна организация на исследуемой территории заказника, почвенный потенциал которого удовлетворяет потребности относительно неприхотливой зональной хвойно-мелколиственной древесной растительности, но не соответствует, например, потребностям более требовательных к плодородию культурных растений, ранее локально возделываемых на бывших сельскохозяйственных угодьях.

Литература

1. География Кировской области : атлас-книга / под. ред. и предисл. Е. А. Колеватых, А. М. Прокашева, Г. А. Русских. Киров: Кир. обл. тип., 2015. 80 с.

2. *Прокашев А. М., Черезова И. А., Вартан И. А.* Предварительные данные о почвах заказника «Былина» // Историко-культурный образ территории Кировской области : Сб. статей. Киров: Изд-во МЦИТО, 2017. С. 91–97.

3. *Тюлин В. В.* Почвы Кировской области. Киров : Волго-Вят. кн. изд-во. Киров. отд-ние, 1976.

4. Фациальная структура ландшафтов заказника «Былина» / *И. А. Черезова и др.* // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XII Всерос. науч.-практич. конф. Кн. 2. Киров, 2017. С. 95–99.

УДК 631.48

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАСОЛЕНИЯ ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОФИЗИКИ*

Л. В. Яковлева, В. К. Опенкина, А. Ф. Абитованова, Д. В. Шараева
Астраханский государственный университет, г. Астрахань,
yakovleva_lyudmi@mail.ru

В работе представлены результаты исследований методами электрофизики и традиционными методами обследование засоленных почв антропогенно измененного дельтового ландшафта с различной формой деградации почвенного покрова. Проведенный регрессионный анализ зависимостей данных, полученных разными методами подтвердил, что для оценки содержания солей в ландшафте предпочтительнее использовать метод насыщенных водой почвенных паст.

Ключевые слова: почвенный покров.засоление, дельтовый ландшафт, бугор Бэра, электрофизика.

Введение

Большая часть засоленных почв на территории Европы распространена в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынных биоклиматических зонах. Засоленные, в том числе и солонцовые почвы на территории Европы формируются не только в разных биоклиматических зонах, но и в разных геоморфологических условиях: на современных приморских равнинах, в пределах древнеморских и древних аллювиальных равнин, в долинах рек, а также на возвышенных равнинах разного генезиса, часто содержащих соли в слагающих их породах [2; 5].

В аридных районах, занимающих около одной трети площади суши, водорастворимые соли в значительной мере определяют качество почв и их пригодность для земледелия [1].

В России засоленность почв чаще всего оценивается на основе анализа водных вытяжек. В научных исследованиях и при составлении прогнозов засоления-рассоления почв используют результаты анализа почвенных растворов. За рубежом широко принят метод анализа фильтратов из насыщенных водой почвенных паст [7]. Каждый из перечисленных методов обладает достоинствами и недостатками и позволяет оценивать разные аспекты засоления почв.

Электрофизические методы находят все более широкое применение в почвенной, экологической, мелиоративной и земледельческой практике.

Измерения этими методами очень просты и, благодаря современным портативным электроизмерительным приборам, выполняются быстро без существенных затрат времени и труда. Эти методы можно широко использовать для экспрессной оценки профильной организации почв, детального и крупномасштабного картирования и оценки неоднородности почвенного покрова, мониторинговых наблюдений за рядом свойств почв, в частности оценки засоления, влажности и других [3].

В данной работе проведено исследование о возможности использования электрофизических методов для оценки засоления в сухой период года.

Цель исследования - оценка засоления почв с использованием методов электрофизики и сравнение этого метода с методом водной вытяжки.

Объекты и методы

В качестве объекта исследования выбран антропогенно-измененный дельтовый ландшафт с различной формой деградации почвенного покрова простанственно расположенного на северно и южном склоне бугра Бэра и околобугровом простанстве

* *Работа выполнена в рамках Госзадания 5.4869.2017/8.9*

в Икрянинском районе Астраханской области (рис. 1). По генетическому типу придельтовая территория относится к современной аллювиальной равнине.

а **б**

Рис. 1. Спутниковый снимок объекта исследования (а), ландшафт (б)

На данной территории наблюдается умеренно мягкая зима (средняя месячная температура воздуха -4 °С …-8 °С), малоснежная (средняя высота снежного покрова до 3 см). Первое временное промерзание верхних слоев почвы наблюдается в ноябре. Жаркое и сухое лето со средними температурами +24 °С, +26°, а максимальная температура - +45 С° (на солнце +50 °С). Высокая температура воздуха влияет на температуру почвы, способствуя более быстрому и глубокому её нагреванию. Резкий недостаток атмосферных осадков – одна из отрицательных особенностей данного района. Осадков в теплый период выпадает 100–114 мм.

Крайне малое количество осадков, высокая летняя температура воздуха, большое количество солнечных дней, господство суховеев – все это ведет к очень сильному испарению, вызывает иссушение поверхностных горизонтов почвы, то в свою очередь влияет на весь ход почвообразовательного процесса.

Растительные ассоциации составляют солянка древовидная, солянка русская, солянка южная, полынь белая, мартук пшеничный, мартук восточный, шведка, лебеда татарская, качим метельчатый, прибрежница прибрежная, керскен серый. На вершине и основании бугра – анабазис солончаковый, житняк песчаный, пармелия блуждающая.

Почвы бэровского бугра – зональные бурые полупустынные солонцеватые суглинистые засоленные. Тип бурых полупустынных почв от вершины бугра по восточному склону сменяется солончаком гидроморфным (подножие бугра).

На южном склоне распространена в основном бурая полупустынная почва, которая в прибугровом пространстве имеет признаки окультуренности.

Для характеристики состояния почвенного покрова были выбраны почвенные объекты с разной степенью деградации:

1. Почвы с эрозионными процессами на южном, восточном и северном склонах бугра Бэра.
2. Почвы с отсутствием проективного покрытия растительности.

В качестве не деградированного участка были выбраны почвы под растительностью с мартуком восточным.

На склонах и на шлейфе бэровского бугра, на участках с разной степенью деградации были заложены прикопки глубиной 40 см. Отбор образцов почв осуществляли с глубины 0 см, 10 см, 20 см и 40 см.

При изучении солевого состояния почвы использовали метод водной вытяжки степень засоления оценивали по массовой доле (%) плотного остатка. Принято считать, что водная

вытяжка (почва : вода=1:5) позволяет количественно определить общий запас солей в почве, которые легко мобилизуются в процессе орошения и мелиорации.

В формировании электрофизических свойств почв существенную роль играет почвенный раствор, определяющий, прежде всего величину диэлектрической проницаемости и удельной электропроводности, зависящих от концентрации солей. Диэлектрическая проницаемость свободной воды, в отличие от удельной электропроводности, незначительно меняется с изменением концентрации солей [4]. В почве роль солей, содержащихся в почвенном растворе, значительно больше. Это обосновано тем, что ограниченный переброс ионов (при наложении электрического поля на почву) в пределах двойного ионного слоя, окружающего почвенные частицы и их водяные включения, приводит к поляризации последних. При этом дипольный момент почвенных частиц определяется не только их размерами, но и концентрацией и подвижностью ионов.

Подобное физическое обоснование позволяет исследовать влияние степени засоления почвы на электрические свойства почвы и выявить некоторые количественные зависимости [6].

Обсуждение результатов

Оценку засоления почв проводили по показателям, связанным с концентрацией солей в водонасыщенных пастах, в частности, по величине электрического сопротивления паст. Электрическое сопротивление паст выражали в Ом*м. К засоленным относятся почвы, электрическое сопротивление паст которых ниже 4 Ом*м.

Значения электрического сопротивления колеблются довольно в широких пределах: от 908 Ом*м до 0,8 Ом*м, т.е. от незасоленных до солончаков. Под растительностью значение удельного сопротивления находится в пределах от 28,5 Ом*м до 10,4, что соответствует слабозасоленным почвам. Учитывая тот фактор, что почвы оторваны от паводкового режима, травянистая растительность в незначительной мере удерживает влагу и способствует рассолению почв. Отсутствие проективного покрытия и образование плотной корки на поверхности почвы привело к развитию в почвах интенсивных процессов засоления, удельное сопротивление составило 0,8–1,2 Ом*м, что соответствует сильно засоленным почвам. Соли сосредоточены на глубине 10–20 см. образование корочки на поверхности почвы способствует подтягиванию солей к поверхности.

Исследование процессов засоления на склонах бэровского бугра в зависимости от выраженности деградационного процесса показали следующе результаты: незасоленными оказались почвы восточного и северного склонов, величина удельного сопротивления для восточного склона составила от 228,0 Ом*м до 15,2 Ом*м, что соответствует незасоленным и слабозасоленным почвам; для северного склона – 901–644 Ом*м, что соответствует незасоленным почвам.

Анализируя распределение солей в почвенном покрове по величине плотного остатка следует отметить, что перераспределение солей по склонам бугра соответствует характеру их распределения по величине удельного электрического сопротивления.

Результаты анализа водных вытяжек и насыщенных водой почвенных паст показали, что почвенный покров характеризуется резко выраженной пространственной мелкопятнистой неоднородностью (комплексностью). Различные компоненты этого комплекса приурочены к определенным элементам микрорельефа, подверженных эрозионным процессам и имеют разную степень засоления.

Установлено, что коэффициенты корреляции между величинами удельного электрического сопротивления и величиной плотного остатка для всех слоев опробывания, находятся в пределах от – 0,13 до – 0,80. Корреляционный анализ проводили с помощью статистического пакета Microsoft Excelv.07, результаты которого представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения коэффициентов корреляции для получения зависимостей по всем объектам исследования

	Удельное электрическое сопротивление, (Южный склон)	Удельное электрическое сопротивление, (Восточный склон)	Удельное электрическое сопротивление, (Северный склон)	Удельное электрическое сопротивление, (отсутствие проективного покрытия)	Удельное электрическое сопротивление, (отсутствие процессов деградации)
Плотный остаток (Южный склон)	- 0.24	-	-	-	-
Плотный остаток (Восточный склон)	-	- 0,68	-	-	-
Плотный остаток (Северный склон)	-	-	- 0, 27	-	-
Плотный остаток (отсутствие проективного покрытия)	-	-	-	-0,13	-
Плотный остаток (отсутствие процессов деградации)	-	-	-	-	- 0,80

Из табл. 1 видно, что наибольшие значения коэффициента корреляции получены для почв, имеющих травянистую растительность (коэффициент корреляции – 0,80) и для почв восточного склона (коэффициент корреляции – 0,68). По величине коэффициента корреляции полученную связь можно охарактеризовать, как хорошую. Слабая связь зафиксирована для почв южного и северного склонов и для почв с отсутствием проективного покрытия.

Все полученные выборки величин удельного сопротивления в пастах были проанализированы на достоверность различий между выделенными почвами с использованием непараметрических (Краскала-Уоллиса) методов статистики.

На рис. 2 представлены диаграммы, характеризующие достоверность различий удельного электрического сопротивления почв.

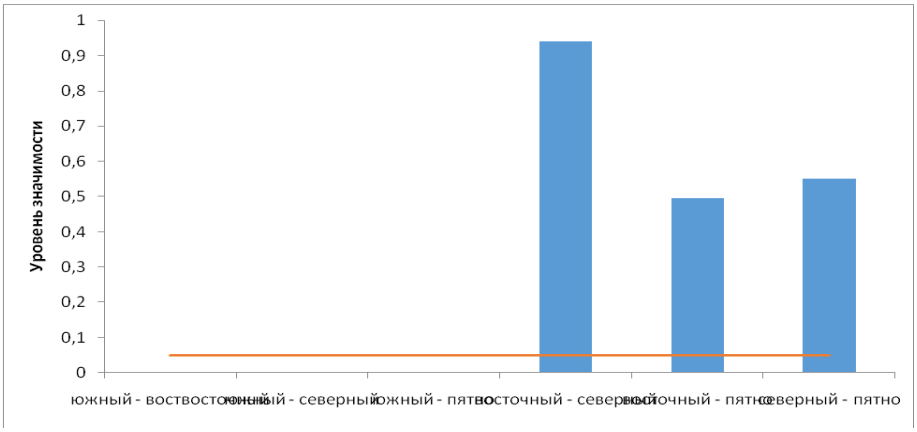


Рис. 2. Диаграммы, характеризующие достоверность различий удельного электрического сопротивления почв в исследуемых объектах

Как видно из рис. 2, по величине удельной электрического сопротивления достоверно отличаются почвы восточного и северного склонов между собой, почвы северного склона и почвы с отсутствием проективного покрытия. почвы восточного склона и почвы с отсутствием проективного покрытия Почвы южного склона с почвами северного, восточного склонов и с почвами с отсутствием проективного покрытия не имеют между собой достоверных отличий. Можно предположить, что данные значимые различия связаны с гидрологическим режимом и с особенностями формирования почв склонов бугров.

Выводы

На основе проведенных исследований процессов засоления почв с использованием методов электрофизики можно сделать следующие выводы:

1. В методе определения удельного электрического сопротивления в почвенных пастах делается попытка как можно меньше нарушить химическое равновесие, свойственное реальной почве. С некоторыми допущениями можно полагать, что метод водной вытяжки позволяет оценить общее количество легкорастворимых солей в почвах, а метод определения удельного электрического сопротивления в почвенных пастах – концентрацию солей в почвенных растворах.

2. Водная вытяжка сильно изменяет как количественный, так и качественный состав легкорастворимых солей вследствие избыточного растворения гипса, карбонатов и процесса обмена катионов. Почвенные пасты дают истинное представления об электрическом сопротивлении, поскольку имеют достаточное количество порового раствора.

3. Для почв восточного склона бэровского бугра (R = – 0,68) и для почв шлейфа бэровского бугра, имеющих травянистую растительность (R = – 0,80) установлена обратная корреляционная зависимость между величиной удельного электрического сопротивления и величиной плотного остатка. Для почв южного и северного склонов и для почв с отсутствием проективного покрытия бугра подобная зависимость отсутствует (R = – 0,27, R = – 0,24 и R = – 13 соответственно).

Литература

1. *Боровский В. М.* О солеобмене между морем и сушей и многолетней динамике почвенных процессов // Почвоведение, 1961. № 3. С. 1.

2. *Карпачевский Л. О., Яковлева Л. В., Федотова А. В.* Засоление почв бугра Бэра в дельте р. Волга // Почвоведение. 2008. № 2. С. 153–157.

3. *Поздняков А. И., Хан Ю. К.* Использование метода постоянных электрических полей в почвенных исследованиях // Почвоведение. 1979. № 7.

4. Поверхность почвы и стационарные электрические поля / А. И. Поздняков. М. : МГУ, 1985. 235 с.

5. *Редли М., Панкова Е. И.* Результаты современных исследований засоленных почв в Европе // Почвоведение. 2004. № 12. С. 1473.

6. *Яковлева Л. В., Федотова А. В.* Использования методов полевой электрофизики при обследовании почв аридных территорий // Вестник Оренбургск. гос. ун-та. 2013. № 10. С. 279-282.

7. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils : Agriculture handbook. № 60. / USDA. 1954. 160 p.

ПОЧВЫ – ОБЪЕКТЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ КРАСНЫХ КНИГ

УДК 504.53

СЕРЫЕ ПАЛЕОАЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ПОЧВЫ СО СЛОЖНЫМ ОРГАНОПРОФИЛЕМ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ

А. М. Прокашев, Е. С. Соболева, С. Л. Мокрушин, А. С. Именитова
Вятский государственный университет, г. Киров,
amprokashev@gmail.com, e.s.soboleva.geo@mail.ru
М. И. Парфёнов
Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова, г. Якутск

В статье рассмотрены основные физические и физико-химические свойства серых почв со сложным органопрофилем юга Вятского Прикамья. Особенностью изучаемых объектов является наличие в их профиле реликтовых феноменов – погребенных гумусовых горизонтов, являющихся следствием изменений условий педогенеза в процессе эволюции почвы. Данные почвы рассматриваются как объекты, перспективные для включения в региональную Красную книгу почв.

Ключевые слова: охрана почв, Красная книга почв, серые почвы с реликтовыми феноменами профиля.

Введение

Сохранение почвенного наследия – одно из наиболее актуальных направлений современной природоохранной деятельности. Это обусловлено почти полным отсутствием педогенной составляющей среди объектов особой охраны, по настоящее время представленными, в основном, растительными и животными компонентами.

Первостепенной задачей охраны почв является изъятие ценных почвенных объектов (ЦПО) из хозяйственной деятельности путём придания соответствующей территории ранга ООПТ и создания Красной книги почв. На региональном уровне необходима паспортизация ЦПО, а также юридическое оформление почвенных заказников и микро-заповедников [1].

Объекты и методы

Объекты исследования – серые серогумусовые почвы со сложным органопрофилем юга Вятского Прикамья, сформированные на древнеаллювиальных отложениях малых рек, являющиеся носителями реликтовых остаточных поверхностных AY[hh], погребённых [A] гумусовых горизонтов и фоссильного древесного материала.

Методы исследования – морфолого-генетический, картографический, общепринятые лабораторно-аналитические физические, физико-химические, биохимические, палеопочвенный (^{14}C-датирование), описательно-объяснительный.

Обсуждение результатов

Рассматриваемая территория южной половины Вятского Прикамья характеризуется двумя важными биоклиматическими и геолого-геоморфологическими особенностями. Во-первых, это экотонное положение между подтаёжными и лесостепными ландшафтами, предопределившее повышенную рефлекторность биотических и биокосных систем в ответ на флуктуации климата, имевшие место на послеледниковом этапе развития природной среды. Последние характеризовались потеплением в первой половине и похолоданием с гумидизацией климата во второй половине голоцена, вызвавших возвратно-поступательную миграцию природных зон, сопровождавшуюся трансформацией почвенно-растительного покрова. Во-вторых, принадлежность к тектонически активной зоне Мари-

Турекского плато, испытывающего на современном этапе геоморфологического развития преимущественно восходящие вертикальные движения. Они провоцируют ускоренное врезание гидрографической сети, активную перестройку долинно-балочной сети и локальных террасных геосистем. Указанные обстоятельства являются движущей силой ускоренной модификации как абиотических, так и биотических и биокосных компонентов междуречных и долинных природных комплексов. Об этом косвенно свидетельствуют признаки молодости речных долин малых рек с чёткими ступенями террасового комплекса, активной овражно-балочной сетью, наличие оползней вдоль коренных склонов речных долин, обилие грубообломочного руслового аллювия в водотоках и, в частности, особенности строения и свойств почв, приуроченных к долинам местных рек.

В качестве объекта может служить долина речки Гоньбинки, правого притока нижней Вятки с чётко моделированным поперечным ступенчатым профилем, врезанным в известняки казанского яруса пермской системы, с одной стороны, и почвы первой надпойменной террасы с наличием поверхностных реликтовых, остаточных и погребённых гумусовых горизонтов, древесины, с другой стороны. В настоящем сообщении основное внимание уделено анализу особенностей почв (и педо-литоседиментов), представляющих ценность с палеопедологической и палеогеографической точек зрения как носители реликтовых свойств и индикаторов эволюции природной среды Мари-Турекского плато и её речной сети. Примером почв с погребёнными гумусовыми горизонтами служат разрезы М47, М48 серых серогумусовых палеоаллювиальных почв, выявленных нами в обнажении левобережной террасы, предварительно определённой как первая надпойменная, экспонированная в южном направлении (рис. 1–2) [3].

Рис. 1. Долина среднего течения р. Гоньбинки: вдоль естественного обнажения левого берега формируется серая серогумусовая почва с погребённым гумусовым горизонтом

Данные почвы сформированы под целинным злаково-разнотравным лугом с признаками слабого антропогенного воздействия (стравливание, тропа). Особенностью морфологического облика ниже рассматриваемых почв является наличие реликтового остаточного поверхностного AY[hh] и погребённого гумусового горизонта [A] в профиле, а также древесины, обнаруженной в толще древнего аллювия, за пределами профиля.

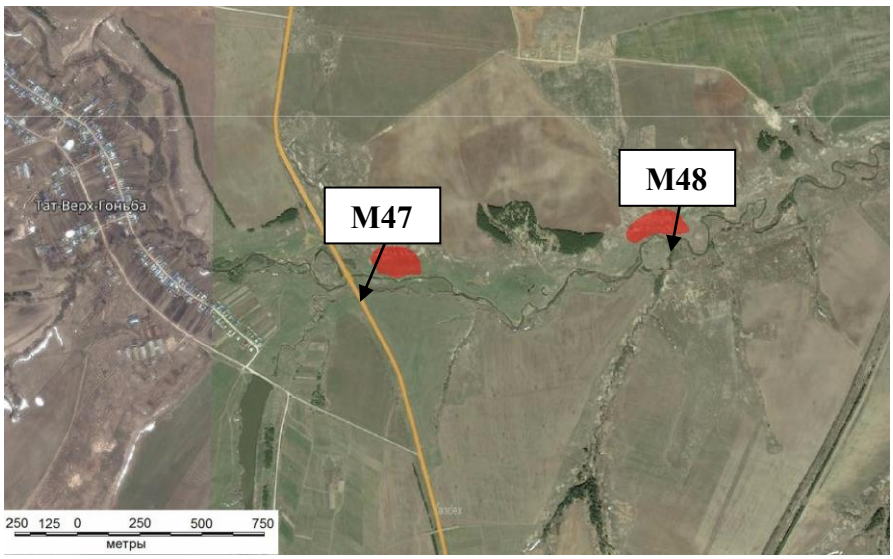


Рис. 2. Местоположение разрезов серых серогумусовых почв с погребённым гумусовым горизонтом на древнем аллювии

Разрез М47 серой серогумусовой оглеённой среднесуглинистой почвы с реликтовым остаточным поверхностным и погребённым гумусовым горизонтом на древнем аллювии заложен на первой надпойменной террасе левого берега р. Гоньбинка примерно в 200 м ниже моста через реку на отрезке шоссе Уржум–Малмыж (окрестности с. Тат-Верх-Гоньба).

Растительный покров представлен злаковым разнотравьем, которое составляют чина луговая, цикорий, тысячелистник, подмаренник, лапчатка серебристая, одуванчик лекарственный, земляника, полынь белая, свербига восточная, реже – тмин, ястребинка волосистая, лисохвост.

Гор. О (0-1 см): сухой, желтоватый, слаборазложившийся опад из злаково-разнотравной растительности, корней нет, переход ясный, ровный.

Гор. АУ (1-24 см): сухой, буровато-серый, в нижней части бурый, среднесуглинистый, в нижней части с признаками опесчаненности (на глубине 8–13 см), зернисто-комковатый, рыхлый, отмечаются отдельные корневые ходы диаметром 5 мм, местами заполненные серой гумусированной или бурой суглинистой массой, корней много, переход ясный, волнистый.

Гор. АУ[hh] (24-39 см): сухой, серый с белесоватым оттенком, среднесуглинистый, листовато-пластинчатый, уплотненный, на поверхности агрегатов слабая белесая присыпка кремнезема, корневые поры диаметром 3–8 мм, часто заполнены бурой глинистой массой, переход ясный, волнистый.

Гор. BEL (39-54 см): сухой на стенке обнажения, влажноватый при освежении, белесый в нижней части с желтовато-бурым оттенком, среднесуглинистый, листовато-пластинчатый, уплотненный, обильная белесая присыпка скелетаны, более интенсивная в верхней части горизонта, крупные корневые ходы местами заполнены серой гумусированной массой, связанной с деятельностью муравьев.

Гор. BT1 (54-79 см): сухой на естественной стенке обнажения, влажноватый при освежении разреза, желтовато-буроватый внутри агрегатов и черновато-буроватый на их поверхности (до белесоватого), среднесуглинистый, зернисто-ореховатый с усилением ореховатости в нисходящем направлении, плотный, на поверхности агрегатов слабая серая гумусовая лакировка, в местах повышенной трещиноватости наблюдается белесая присыпка скелетаны, имеются глино-гумусовые кутаны, крупные корневые ходы диаметром 3–10 мм местам заполнены серой гумусированной массой, связанной с деятельностью почвенной мезофауны, корней много, переход ясный, заметный по изменению окраски.

Гор. [АУ] (79-115 см): влажноватый, темно-серый внутри агрегатов, с белесым оттенком на их поверхности, среднесуглинистый, зернисто-ореховатый, плотный, обильная

белесая присыпка скелетаны на поверхности агрегатов, изредка внутри агрегатов отмечаются ржаво-бурые примазки гидроксидов железа, величиной 1–2 мм, приуроченные к корневым ходам, корней много, переход ясный, заметный по ослаблению тёмно-серой окраски (приобретает буровато-серую окраску).

Гор. BT2 (115-150 см): влажный, рыжевато-бурый внутри агрегатов, тёмно-шоколадный (буровато-черноватый) на поверхности агрегатов, среднесуглинистый, ореховато-средне-призмовидный, плотный, с обилием тонких пор, внутри агрегатов частые рыжеватые примазки гидроксидов железа, достаточно интенсивные черновато-буроватые, в верхней части шоколадная гумусовая лакировка и мелкие глино-гумусовые кутаны, корней много, переход постепенный, заметный по укрупнению призмовидной структуры.

Гор. BT3 (150-195 см): влажный (подсушенный из-за близости к стенке), серовато-буроватый пятнистый внутри и черноватый на поверхности агрегатов, среднесуглинистый, крупнопризмовидный, с признаками ореховатости при раздавливании, близкий к тумбовидному, плотный, внутри агрегатов обильные пятнистые охристые примазки гидроксидов железа, на поверхности агрегатов обильная, до смоляно-черной, гумусовая лакировка толщиной примерно 0,3 мм и сосочковидные глино-гумусовые кутаны, корней много (за счет береговой растительности), переход ясный, ровный, заметный по изменению окраски и сложения со сменой призмовидной структуры на плитовидную.

Гор. G1ca (195-208 см): влажный, серовато-сизоватый, с редкими ржаво-бурыми пятнами и полосками, среднесуглинистый, ореховато-призмовидный, плотный, по всему горизонту обильные сизые налеты гидроксидов закисного железа и нечастые ржаво-охристые пятна (примазки), приуроченные к горизонтально и вертикально ориентированным корневым ходам, корней достаточно много.

Гор. G2ca (208-280 см): влажный (менее увлажненный благодаря близости к стенке обнажения), сизый, с ржаво-бурыми пятнами и вертикальными полосками по корневым ходам, среднесуглинистый, ореховато-пластинчатый, плотный, по всему горизонту, особенно в нижней части, обильные сизые налеты гидроксидов закисного железа; на глубине 210–260 см много охристых примазок и вертикально ориентированных вдоль корневых ходов «нитевидных» налетов гидроксидов железа, на этих глубинах частые включения карбонатной крошки, корней много (от вьюнка полевого), переход ясный.

Гор. Cgca (280-335 см): сырой (близкий к влажному), серовато-сизоватый с рыжими пятнами, легкосуглинистый, с опесчаненными прослойками и обилием полуокатанных обломков плитчатого известняка и щебня, размером от нескольких мм до 5–10 см, бесструктурный; в более оглеенных прослойках толщиной до 8 см суглинок зернисто-ореховатый, при подсыхании от рыхлого до уплотненного сложения, повсеместно реакция с соляной кислотой, корни редкие (от вьюнка полевого, растущего на осыпях).

Разрез М48 серой серогумусовой оглеённой среднесуглинистой почвы с погребённым гумусовым горизонтом и древесиной на древнем аллювии заложен на левобережной надпойменной террасе примерно в 1 км ниже по течению р. Гоньбинки.

Гор. O (0-1 см): сухой, серовато-желтоватый, рыхлый, слаборазложившийся опад из злаково-разнотравной растительности, корней нет, переход ясный, ровный.

Гор. AY (1-19 см): сухой, бурый, на глубине 15–19 см – с сероватым оттенком, среднесуглинистый, в верхней части зернисто-комковатый, в нижней листоватый, уплотненный, обильно пронизан корнями растений, переход ясный, ровный, местами в нижней части горизонта встречаются более тёмные участки.

Гор. BEL (19-36 см): сухой, буровато-белесый, глинистый, листоватый, хрупкий с редкими точечными рыхлыми примазками гидроксидов железа, диаметром 1 мм, рыхлый, корней меньше, чем в гор. AY, переход волнистый.

Гор. [A] (36-80 см): влажноватый, буровато-чёрный, легкосуглинистый вверху, среднесуглинистый внизу, ореховатый, при выветривании приобретает зернистую структуру, уплотненный, часто встречаются мелкие черновато-буроватые рыхлые стяжения гидроксидов железа и марганца диаметром 1 мм, корней много, переход ясный, волнистый.

Гор. BG (80-100 см): влажноватый, сизовато-серый с частыми округлыми и субвертикально вытянутыми ржаво-бурыми пятнами, среднесуглинистый, зернисто-ореховатый, по всему горизонту сизовато-сероватые налеты гидроксидов закисного железа по корневым ходам, ржаво-бурые прослойки гидроксидов окисного железа, плотный, переход ясный, заметный по изменению окраски и гранулометрического состава.

Гор. Bg (100-130 см): влажный, серовато-буроватый, легкосуглинистый, плотный, на стенке разреза – бесструктурный, при раздавливании комочков приобретает зернисто-ореховатый облик, по всему горизонту слабозаметные пятнистые, слабой интенсивности сизовато-сероватые налеты гидроксидов закисного железа, перемежающиеся с охристыми, преимущественно вертикально ориентированными примазками гидроксидов окисного железа, корней мало, переход ясный, волнистый.

Гор. G (130-142 см): влажный, серовато-сизый с ржавыми пятнами, среднесуглинистый, при раздавливании почвенной массы обнаруживает зернисто-ореховатую структуру, плотный, переход ясный, ровный.

Гор. Cca (>170 см): влажный, карбонатная крошка, щебень и плитчатые обломки известняка, легкосуглинистый, плотный, бурно реагирует с 10% соляной кислотой, корней мало; протягивается в нисходящем направлении на глубину несколько метров, не доходя до уреза воды на 2 м, сменяется глинами.

На глубине около 305 см от поверхности выявлена погребенная полусгнившая древесина диаметром 35 см, расположенная примерно на расстоянии около 3 м от уреза воды.

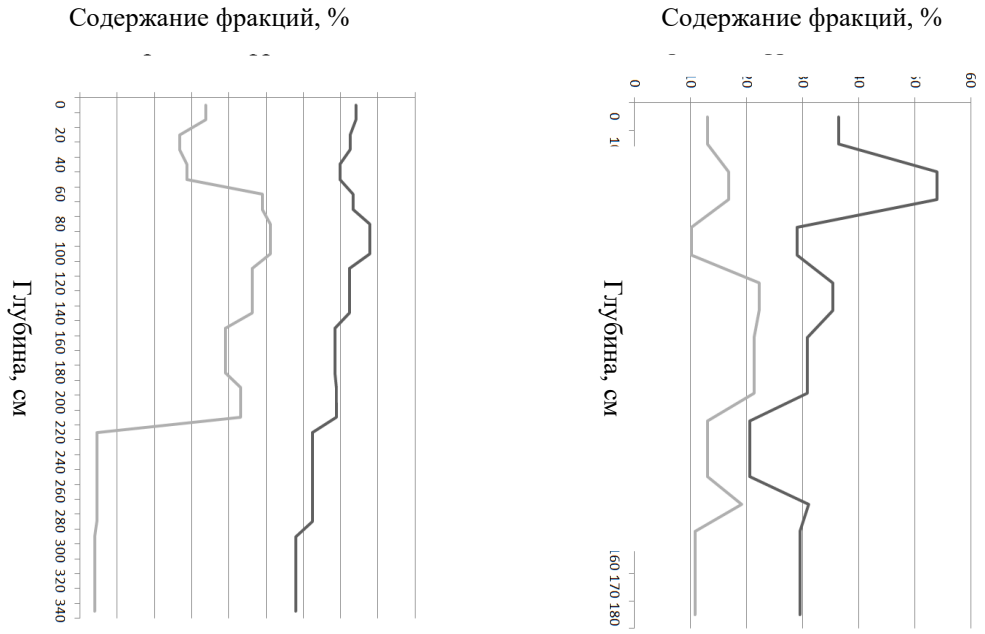
Ниже приведены результаты исследований основных физических и физико-химических свойств серых серогумусовых почв с погребённым гумусовым горизонтом.

Гранулометрический состав является прежде всего отражением особенностей аллювиальной седиментации и характеризуется тенденцией облегчения в нисходящем направлении. По содержанию физической глины в горизонтах AY рассматриваемые серые почвы со сложным органопрофилем относятся к средним суглинкам (рис. 3). Содержание илистой фракции в целом повторяет распределение физической глины, но при этом чётче отмечается концентрация частиц размером менее 0,001 мм в горизонтах B.

Исследуемые почвы характеризуются высокими значениями содержания органического вещества (OB), достигающими 7% в верхних гумусовых горизонтах, сближающими их с тёмногумусовым подтипом (табл. 1). Обращает внимание достаточно высокое содержание гумуса в погребённых гумусовых горизонтах – в среднем 4–5% для горизонтов [A] обоих разрезов; оно сопоставимо по величинам с верхней гумусоаккумулятивной толщей (гор. AY[hh] разр. M47).

Основные физико-химические свойства исследуемых почв, в целом, довольно близки, что объясняется однотипностью их геоморфологического положения, условий формирования и классификационной принадлежности.

Данные почвы характеризуются реакцией от близкой к нейтральной до слабощелочной (значения pH KCl составляют, в среднем, 6–7,5), мало изменяющейся по профилю. Соответственно, показатели гидролитической кислотности (Hг) также очень малы, обычно менее 1 Смоль-экв/1 кг во всех горизонтах, за исключением погребённых гумусовых горизонтов, где они в одном из разрезов приближаются к 3 Смоль-экв/1 кг. Это в значительной мере объясняется провинциальной геологической особенностью района исследований, отличающегося широким распространением на водоразделах толщ казанских известняков и карбонатных песчаников различной мощности – источников известковистого древнего аллювия местных рек и речек. Не исключается и дополнительный современный привнос щелочноземельных элементов за счёт натёчных поверхностных вод со стороны высокоподнятых плакоров с широким распространением известковых отложений в составе почвообразующих пород и развитых на них дерново-карбонатных почв.



а) б)

Рис. 3. Внутрипрофильное распределение физической глины и ила в серых серогумусовых почвах с погребённым гумусовым горизонтом на древнем аллювии:
а) разрез М47; б) разрез М48

Условные обозначения: — илистая фракция
— физическая глина

Сказанное коррелирует с высокими величинами содержания обменных оснований (S), ёмкости катионного обмена (ЕКО) и степени насыщенности основаниями (V) в исследуемых почвах со сложным органопрофилем, в свою очередь детерминированных благоприятным гумусовым состоянием, значительным содержанием тонкодисперсных фракций и углекислой извести в различных толщах рассматриваемых педо-литоседиментов. Наибольшие величины S, ЕКО и V отмечаются в гумусовых горизонтах и почвообразующей карбонатной породе, где они достигают, соответственно, 43–50, 44–50 Смоль-экв/кг и 98–100%.

Таблица 1

Основные физико-химические свойства серых серогумусовых почв с погребённым гумусовым горизонтом на древнем аллювии

Горизонт, глубина образца, см	pH		Hг	S	ЕКО	V, %	Содержание ОВ, %
	H_2O	KCl	Смоль-экв/кг				
Разрез М47							
AY (8-18)	7,9	7,3	1,2	49,7	50,9	98	7,4
AY[hh] (27-37)	8,0	7,4	1,1	43,2	44,3	98	2,5
BEL (41-51)	8,0	7,4	0,7	34,4	35,1	98	2,4
BT1 (61-71)	7,7	6,5	1,0	35,3	36,3	97	1,3
[A] (91-101)	7,0	5,9	2,8	36,4	39,2	93	4,5
BT2 (117-127)	7,3	6,1	1,7	35,2	36,9	95	0,4
BT3 (115-150)	7,4	6,5	1,2	35,3	36,5	97	0,4
G1ca (167-177)	7,5	6,8	0,9	35,7	36,6	98	0,3
G2ca (196-206)	7,4	7,7	0,7	50,0	50,7	100	0,3
Cgca (270-280)	7,7	7,5	0,4	50,0	50,4	100	0,1

Разрез М48							
AY (4-14)	8,0	7,7	0,5	50,0	50,5	100	6,4
BEL (22-32)	8,0	7,7	0,5	50,0	50,5	100	1,3
[A] (40-50)	7,8	7,5	0,9	48,9	49,8	98	5,6
[A] (65-75)	8,1	7,5	0,6	40,5	41,1	99	3,9
BG (85-95)	8,0	7,1	0,8	32,9	33,7	98	1,0
Bg (115-125)	7,8	7,0	0,7	25,8	26,5	97	0,5
G (131-141)	7,8	7,1	0,6	33,4	34,0	98	0,3
Cca (170-180)	8,5	7,8	0,4	49,7	50,1	99	0,2

Особый интерес представляют результаты определения абсолютного возраста гуминовых кислот (ГК), выделенных из горизонтов AY[hh] с глубины 27–37 см и радиоуглеродного датирования погребённой древесины ствола удовлетворительной степени сохранности диаметром около 35 см, вскрытого на глубине 3 м, произведённые в лаборатории палеогеографии и геохронологии четвертичного периода Санкт-Петербургского государственного университета и Институте мерзлотоведения им. П. И. Мельникова (г. Якутск). Абсолютный возраст фракции 3ГК гор. AY[hh] составил 5340±190 лет *(образец № ЛУ-6674),* а возраст погребённой древесины – 9800±100 лет *(образец № MPI-22).* Эти материалы использованы нами в качестве косвенного индикатора тектонических режимов междуречий Мари-Турекского плато, которые сопряжённо отражаются на эволюции террасового комплекса долинных водотоков и их почвенного покрова.

Радиоуглеродные геохронологические данные позволили произвести ретроспективный анализ истории формирования долины р. Гоньбинки, который в общих чертах может быть представлен следующим образом. В пребореальную стадию голоцена, около 10000–9000 тыс. лет назад, рассматриваемая I н. п. терраса занимала более низкий – пойменный гипсометрический уровень и была в той или иной степени занята древесной растительностью. Гибель старых деревьев могла сопровождаться захоронением отдельных, наиболее крупных из них под слоем пойменной фации аллювия. Вероятно, это происходило в условиях относительного тектонического покоя с тенденцией к нисходящему развитию рельефа. Последнее благоприятствовало накоплению на поверхности поймы новых порций наилка и погребению отмершего дерева под 3-х метровым слоем аллювиальных седиментов. На определённых отрезках времени, когда процессы пойменного литогенеза сильно ослабевали, могли активизироваться почвообразовательные процессы биоаккумулятивной природы, что привело к развитию гумусового горизонта, впоследствии также погребённого примерно 40-сантиметровым слоем наилка при усилении аллювиальной седиментации.

Однако впоследствии опускание территории сменилось движениями обратного знака, что привело к выводу раннеголоценовой поймы в бореальное время (9–8 тыс. л. н.) из паводкового режима развития и переходу в статус надпойменной террасы. Вместо неё в атлантическую стадию голоцена на более низком гипсометрическом уровне стала формироваться новая, более молодая пойма, а I н. п. терраса перешла во внепойменный режим развития с соответствующими ему зональными процессами почвогенеза. В атлантическом интервале времени, приблизительно 8–5 т. л. н., на I н. п. террасе в ходе педометаморфоза сформировалась почва, соответствующая условиям относительно благоприятного, более сухого и тёплого, чем в современный период, климата с развитым гумусовым горизонтом мощностью до 30–40 см. Во второй половине голоцена, вслед за похолоданием и гумидизацией климата в суббореальное и субатлантическое время процессы биоаккумулятивной природы ослабли и, как следствие, произошла дифференциация новообразованного, вероятно тёмногумусового горизонта на два подгоризонта: современный – AY – и остаточный, реликтовый – AY[hh] с 3-кратно меньшим содержанием гумуса и реликтовым возрастом ГК – около 5,5 тыс. лет, упомянутым выше. Подобные образования можно рассматривать в качестве аналогов почв со вторыми

гумусовыми горизонтами (ВГГ), известными в профилях местных дерново-подзолистых, серых и некоторых других типов почв Вятского Прикамья, сформированных в иных – междуречных – геоморфологических позициях [2].

Другими словами, можно констатировать, что почвы со сложным, гетерохронным органопрофилем, подобные ранее изученным почвам с ВГГ водораздельных ландшафтов, могут встречаться также и на надпойменных террасах речных долин. Это в некотором роде указывает на универсальность проявления эволюционных трендов в развитии педосферы Вятского Прикамья на постледниковой стадии развития. Первоначально они были выявлены в составе ряда типов материковых почв, образованных на породах тяжелого, суглинисто-глинистого состава – покровных суглинках, карбонатном элювии пермских красноцветов – и находят подтверждение в палеоаллювиальных почвах речных долин с более сложной историей лито- и педогенеза, также развитых на суглинисто-глинистых почвообразующих субстратах. В отличие от местных почв с ВГГ междуречных пространств, в профилях которых по нашему мнению «записана» эволюция педосферы преимущественно под влиянием биоклиматического фактора, а именно, широтной миграции природных зон в ходе «борьбы между лесом и степью» на протяжении голоцена, в рассматриваемых почвах, наряду с этим нашла отражение и динамика ландшафтов под влиянием тектонического фактора. Подтверждением влияния первого, биоклиматического, фактора может служить наличие остаточного реликтового горизонта AY[hh], а второго – факт нахождения погребённого гумусового горизонта и древесины в профиле, инициированное сменой направленности и интенсивности тектонических движений и вызванных ими изменений геоморфологического положения почв, их гидрологического режима, процессов ландшафто- и педогенеза [2, 3]. На основании второго из положений можно сделать предварительное заключение: во-первых, о высокой напряжённости и темпах тектонических движений Мари-Турекского плато, обеспечивших за относительно короткий период голоцена углубление долин, подобных Гоньбинке, и переход их бывших пойм в надпойменные террасы; во-вторых, о возможности использования палеоаллювиальных почв малых рек с реликтовыми феноменами в качестве индикаторов тектонических режимов геологических структур.

Выводы

Представленные выше долинные природные комплексы и почвы представляют большое научное и природоохранное значение, как отражающие сложную историю сопряжённого развития водораздельных и долинных ландшафтов Вятского Прикамья на послеледниковом, голоценовом, этапе развития природной среды при параллельном участии биоклиматического и тектонического факторов.

С научной точки зрения палеоаллювиальные почвы могут служить в качестве информативных объектов для ретроспективного анализа и воссоздания истории тектонического развития и формирования ландшафтов долин малых и, возможно, средних рек и Мари-Турекского плато в целом на протяжении последних 10 тыс. лет.

С природоохранных позиций они являются перспективными педогенными объектами повышенной значимости в составе природного наследия региона, заслуживающими придания им особого – охранного – статуса и включения в будущие Красные книги почв Кировской области и России в целом в силу наличия ряда отмеченных уникальных свойств, запечатлённых во внешнем облике и внутренних субстантивных свойствах [4, 5].

Рассматриваемый участок долины р. Гоньбинки может быть выделен для организации почвенного мини-заказника ввиду его положения, относительно изолированного от антропогенного воздействия, в сочетании с транспортной обеспеченностью, визуальной открытостью для наблюдения и, как следствие, доступностью для природоохранной образовательной и воспитательной деятельности с учащимися и другими категориями населения.

Литература

1. Красная книга почв России: Объекты Красной книги и кадастра особо ценных почв / науч. ред.: *Г. В., Добровольский, Е. Д. Никитин.* М. : МАКС Пресс, 2009. 576 с.

2. *Прокашев А. М.* Генезис и эволюция почв бассейна Вятки и Камы (по палеопочвенным данным). – Киров : Изд-во ВятГГУ, 2009. 386 с.

3. *Прокашев А. М.* Серые почвы – память среднеголоценовых ландшафтов Вятско-Камского Предуралья // Проблемы эволюции почв: тезисы докладов IV Всерос. конф. Пущино, 2001. С. 140-141.

4. К истории изучения полигенетических почв Вятского Прикамья (ВП) / *А. М. Прокашев и др.* // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докл. VII съезда Общ-ва почвоведов им. В. В. Докучаева и Всерос. с междунар. участием науч. конф., 15-22 августа 2016 г., Белгород. Часть II. Москва-Белгород: ИД «Белгород», 2016. С. 480-481.

5. О проекте почвенных заказников Кировской области с почвами-реликтами / *Е. С. Соболева и др.* // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докл. VII съезда Общ-ва почвоведов им. В. В. Докучаева и Всерос. С междунар. участием науч. конф., 15-22 августа 2016 г., Белгород. Часть II. Москва-Белгород : ИД «Белгород», 2016. С. 330-331.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПОЧВ И ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

УДК 631.42

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

Т. А. Адамович, Е. В. Товстик, Т. Я. Ашихмина
Вятский государственный университет, г. Киров, ttjnadamvich@rambler.ru
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, г. Сыктывкар, ecolab2@gmail.com

Установлено, что почвы исследуемых участков Государственного природного заповедника (ГПЗ) «Нургуш»: берег реки Прость, пойменный луг, лесной массив, относятся к кислым и сильнокислым почвам. Содержание органического вещества в почвах варьирует от 5,8 до 6,7%. Преобладающими в почве территории ГПЗ среди тяжёлых металлов являются марганец и железо. Численность актиномицетов, установленная в ходе микробиологического анализа почв территории ГПЗ, варьировала от 320,0 до 823,3±57,8 тыс. КОЕ/г. Отмечали уменьшение численности актиномицетов в почвах с увеличением содержания в них свинца, меди, цинка и марганца.

Ключевые слова: мониторинг, Государственный природный заповедник «Нургуш», почва, химический состав почв, тяжёлые металлы, численность актиномицетов.

Введение

В связи с усилением антропогенного воздействия на окружающую среду, все большее внимание уделяется мониторингу почв. Проведение подобных работ имеет исключительно важное значение, не только для антропогенных экосистем, но и для особо охраняемых природных территорий, являющихся эталоном естественных ненарушенных экосистем.

Выбор критериев для оценки экологического состояния почв определяется многими факторами. Для более полного представления, оценка должна базироваться не только на системе предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ, но и учитывать осуществляемые почвой экологические функции [1, 2, 3]. Будучи весьма гетерогенным объектом окружающей среды, почва должна рассматриваться как динамическая система, которая постоянно изменяется и развивается, а в её активной зоне идут физические, химические и биологические процессы. В связи с этим оценку экологического состояния почв необходимо осуществлять не только с помощью химического анализа, но и биологического контроля [4]. Полученная в ходе такой оценки информация позволит всесторонне охарактеризовать почвенно-химические условия.

Целью работы явилась оценка экологического состояния почв территории государственного природного заповедника (ГПЗ) «Нургуш», расположенного на Территории Кировской области по данным химического и микробиологического анализа.

Объекты и методы

Пробы почвы для исследования отбирали на территории заповедника «Нургуш», расположенного в подзоне южной тайги, в 50 км к юго-западу от г. Кирова. Территория заповедника сложена современными аллювиальными отложениями и характеризуется мозаичностью типов почв [5]. Для исследования были выбраны 3 участка, расположенные юго–заподной части заповедника (рис. 1).

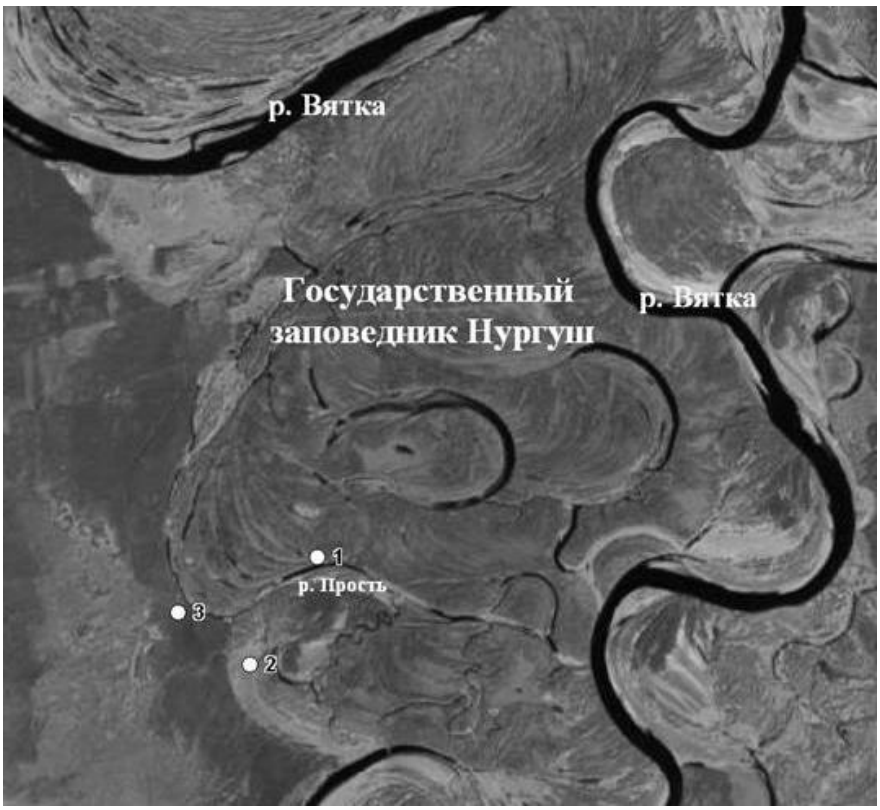


Рис. 1. Карта-схема участков отбора проб почвы на территории заповедника «Нургуш»: 1 – участок на берегу реки Прость; 2 – участок на пойменном лугу; 3 – участок в лесном массиве

С каждого участка в осенний период (сентябрь – октябрь) 2016 года путём объединения трёх точечных проб, отобранных по диагонали на глубину 0–10 см, составляли средние пробы почв массой 600 г.

Анализ химического состава почв включал определение таких показателей как pH, органическое вещество почвы, содержание тяжёлых металлов в валовой и подвижной формах.

Определение pH почвы проводили потенциометрическим методом, содержание органического вещества – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО [6].

Определение содержания тяжёлых металлов: свинец, кадмий, медь, цинк, железо, марганец, находящихся в подвижной и валовой формах, проводили согласно методике измерений массовых концентраций элементов атомно-абсорбционным методом ФР.1.31.2012.13573.

Микробиологический анализ почв заключался в определении численности актиномицетов методом посева из разведений почвенных суспензий на плотную питательную среду Гаузе 1 с применением селективных приёмов [7, 8]. Инкубацию чашек проводили в термостате при +27 °С, учёт выросших колоний микроорганизмов проводили на десятый день после посева.

Обсуждение результатов

В результате проведённого анализа установлено, что почвы исследуемой территории ГПЗ «Нургуш» относятся кислым и сильнокислым почвам. Так величина показателя кислотности почвы участка № 1 составила 4,7±0,1; № 2 – 3,8±0,1; №3 – 4,1±0,1. Наиболее кислой реакцией среды отличалась почва участка № 2, расположенном на пойменном лугу.

Содержание органического вещества по результатам проведённого анализа варьировало в почвах исследуемой территории в пределах от 5,8 до 6,7%. Высокое

содержание органического вещества зарегистрировано в почве участка № 3, расположенного в лесном массиве.

Результаты исследования содержания подвижных и валовых форм тяжёлых металлов в почве показали, что преобладающими металлами почвы территории ГПЗ являются марганец и железо (табл. 1, 2). Содержание валовой и подвижной формы железа в почвах исследуемых участков ГПЗ варьировало от 24640 до 15898 и от 256 до 2129, марганца от 584 до 751 и от 169 до 404 мг/кг соответственно.

Таблица 1

Содержание тяжёлых металлов (подвижная форма) в почве
на территории заповедника Нургуш

Точки отбора проб	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn
1	2,2±0,5	0,36±0,09	1,07±0,25	4,8±1,6	715±179	404±93
2	1,8±0,4	0,085±0,025	0,82±0,19	4,0±1,3	2129±532	368±85
3	1,42±0,31	0,095±0,029	0,23±0,05	3,3±1,1	256±66	169±39
ПДК[1]	6,0	-	3,0	23,0	-	100

Таблица 2

Содержание тяжёлых металлов (валовая форма) в почве
на территории заповедника Нургуш

Точки отбора проб	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn
1	11,9±2,5	0,52±0,13	27±6	73±24	20870±5218	696±160
2	5,4±1,1	0,085±0,025	9,9±2,3	20±17	24640±6160	584±134
3	8,3±1,8	0,095±0,029	14,1±3,2	51±17	15898±63965	751±173
ПДК[1]	32,0	-	55	100	-	1500

Более высокое содержание марганца в почвах, по сравнению с другими металлами, можно объяснить замедлением процессов разложения, происходящих в почве осенью, когда производился отбор проб почвы [9]. Кроме этого высокая кислотность почв, характерная для исследуемой территории также обуславливает накопление марганца в почве.

Известно, что увеличение концентрации органического вещества может приводить к восстановлению оксида Mn (IV) в почве [10]. По результатам наших исследований установлено, что наибольшее содержание валовой формы марганца (751±173 мг/кг) обнаруживается в почве с наибольшим содержанием органического вещества в ней. Наиболее отчётливо это прослеживается в почве участка № 3, отобранного в лесном массиве.

Известно, что содержание подвижного железа в подзолистых и дерново-подзолистых почвах может составлять до 280 мг/кг. При этом некоторые исследователи отмечают, что максимальное содержание обменного и водорастворимого железа приходится на органогенный горизонт. В наших исследованиях выявлено, что содержание подвижных соединений железа в почвах территории заповедника «Нургуш» колеблется от 256 до 2128 мг/кг. Максимальным содержанием подвижных соединений железа в почве (2129±532 мг/кг) характеризовался участок территории пойменного луга с наиболее высокой кислотностью (3,8±0,1).

Микробиологический анализ почв показал, что численность актиномицетов в почвах исследуемой территории заповедника «Нургуш», варьирует в пределах сотен тысяч колониеобразующих единиц (КОЕ)/г. Численность актиномицетов, учитываемая на среде Гаузе 1, составила для участка № 1 – 320,0±84,9; № 2 – 560,0±14,1; № 3 – 823,3±57,8 тыс. КОЕ/г.

Сопоставление данных, полученных в ходе микробиологического и химического анализа почв, выявило высокую степень взаимосвязи между численностью актиномицетов и содержанием подвижных форм некоторых тяжелых металлов в почве. Так, расчет коэффициента корреляции Пирсона (*r*), позволяющего оценить степень связанности признаков, показал, что численность мицелиальных прокариот в большей степени зависит от содержания в почве подвижных форм свинца, меди, цинка и марганца (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции Пирсона между показателями микробиологического и химического анализа почв

Показатели	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn
Численность актиномицетов	-0,99/ -0,53	-0,83/ 0,52	-0,98/ -0,71	-0,99/ -0,39	-0,26/ -0,59	-0,94/ 0,34

Примечание: показатели, рассчитанные для подвижной формы / валовой формы тяжелых металлов.

Отмечали закономерность, заключающуюся в уменьшении численности актиномицетов в почвах, с увеличением содержания указанных тяжёлых металлов в почвах.

Выводы

Таким образом, методами химического и микробиологического анализа исследован состав почв территории Государственного природного заповедника «Нургуш». Установлено, что почвы исследуемых участков заповедника относятся к кислым и сильнокислым. Содержание органического вещества в почвах варьирует от 5,8 до 6,7%. Наибольшее содержание органического (6,7%) установлено в почве участка, расположенного в лесном массиве. При исследовании содержания различных форм тяжёлых металлов в почве выявлено, что преобладающими являются марганец и железо. Содержание валовой и подвижной форм железа в почвах территории ГПЗ варьирует от 24640 до 15898 и от 256 до 2129, марганца от 584 до 751 и от 169 до 404 мг/кг соответственно. Наибольшим содержанием марганца (751±173 мг/кг) характеризуется почва участка с наибольшим содержанием органического вещества. Максимальным содержанием подвижных соединений железа в почве (2129±532 мг/кг) характеризуется почва с наиболее высокой кислотностью (3,8±0,1). В результате микробиологического анализа почв выявлено, что численность актиномицетов в почвах территории заповедника «Нургуш», варьирует от 320,0 до 823,3±57,8 тыс. КОЕ/г. Сопоставление данных, полученных в ходе микробиологического и химического анализа почв, выявило высокую степень взаимосвязи между численностью актиномицетов и содержанием в почве подвижных форм свинца, меди, цинка и марганца. Отмечена закономерность, заключающаяся в уменьшении численности актиномицетов в почвах с увеличением содержания в них свинца, меди, цинка и марганца.

Литература

1. Экологические аспекты уничтожения химического оружия / *Ф. П. Соколов и др.* // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 4. С. 50-57.

2. *Добровольский Г. В., Никитин Е. Д.* Почва в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М. : Наука,1990. 261 с.

3. *Добровольский Г. В.* Экологическая роль почвы в биосфере и в жизни человека. Роль почв в биосфере // Труды ИЭП МГУ им. М. В. Ломоносова. М. : МАКС-Пресс, 2007. Вып. 8. С. 5–23.

4. *Левич А. П.* Биотическая концепция контроля природной среды // Доклады РАН. 1994. Т. 337. № 2. С. 280.

5. *Прокашев А. М.* Почвы со сложным органопрофилем юга Кировской области: Экология, свойства, генезис. Киров: ВГПУ, 1999. 174 с.

6. *Соловьева, Зенова Г. М.* Почвенные актиномицеты редких родов. М. : Изд-во МГУ, 2000. 81 с.

7. Методы почвенной микробиологии и биохимии / *под ред. Д. Г. Звягинцева.* – М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

8. *Зубкова О. А.* Содержание и динамика соединений марганца и железа в подзолистых почвах южно-таёжной подзоны Кировской области : автореферат дис. на соискание учён. степени канд. с/х наук. Москва, 2013. 25 с.

10. *Ю. Н. Водяницкий*. Тяжёлые и сверхтяжёлые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. М. : ГНУ Почв. ин-ут им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009. 95 с.

УДК 631.4

МЕХАНИЗМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ В СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ АГЛОМЕРАЦИ ВОЛГОГРАД-ВОЛЖСКИЙ

В. Н. Заикина, А. А. Околелова

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, veronikazaikina@mail.ru

Для объективной оценки загрязнения почв нефтепродуктами необходимо учитывать процессы самоочищающей способности почв и трансформацию нефтепродуктов в почве**.** Выщелачивание нефтепродуктов из светло-каштановых почв происходит в течение первых 11 суток не зависимо от ее гранулометрического состава и их концентрации, в глинистой почве снижается в 2,58 раза, в песчаной почве – в 13,9 раз. Количество испарившегося органического углерода в глинистой почве максимально на 2-е и 6-е сутки, и составляет 1,05%, в песчаной почве - на 2-е и 4-е сутки соответственно 27,89%. Глубина проникновения нефтепродуктов в светло-каштановых почвах зависит от гранулометрического состава, в песчаных она составляет 10–15 см, в глинистых – 1-5 см. Содержание нефтепродуктов, переходящих в водную вытяжку, не зависит от их концентрации, типа почвы, ее гранулометрического состава и составляет 11–38%. Под действием температуры и давления проявляется процесс термической десорбции нефтепродуктов в светло-каштановой почве и их концентрация возрастает в 1,22–1,43 раза за счет разрушения химических связей, в результате чего органические компоненты высвобождаются из глиногумусовых и песчаногумусовых комплексов.

Ключевые слова: светло-каштановая глинистая и песчаная почвы, нефтепродукты, органический углерод, выщелачивание, десорбция, испарение, водная вытяжка, автоклавирование.

Введение

Загрязнение почв нефтью происходит в результате антропогенной деятельности. В связи с этим актуальна проблема изучения механизмов трансформации нефтепродуктов в почвенном покрове крупных агломераций [1]. Наибольшую степень биодеструкции наблюдали у высококачественной нефти с низким содержанием серы. Химический состав различных типов нефти и нефтепродуктов также влияет на скорость биодеградаци [14–17].

Цель работы: изучениемеханизмов трансформации нефтепродуктов в светло-каштановых почвах.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования расположены на территории агломерации Волгоград – Волжский (рис. 1). Их можно разделить по типу почв: заброшенная АЗС Тракторозаводского района Волгограда, расположена на расстоянии 4,6 км от ОАО «Тракторная компания «ВгТЗ»; АЗС № 3 г. Волжского, в 300 м от сталеплавильного цеха ОАО «Волжский трубный завод»; железная дорога, на расстоянии 830 м от ОАО «Волжский трубный завод»

г. Волжского, и на расстоянии7 м от АЗС № 1 г. Волжского; территория АО «Волгоградский металлургический комбинат (ВМК) «Красный Октябрь»;светло-каштановая глинистая почва:АЗС № 1, г. Волжского, в 800 м от ОАО «Волжский трубный завод». Отбор проб и подготовку почв к анализу проводили по ГОСТу 17.4.3.01-83 [2].

Концентрацию органического углерода в изучаемых образцах почв определяли по И. В. Тюрину, нефтепродуктов в опытах по выщелачиванию и испарению – на приборе «Флюорат 02-3М ЛЮМЭКС» в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.5-9, в водной вытяжке, а также до и после автоклавирования – на приборе "Концентратомер КН-2М". Все определения проводили в трехкратной повторности.

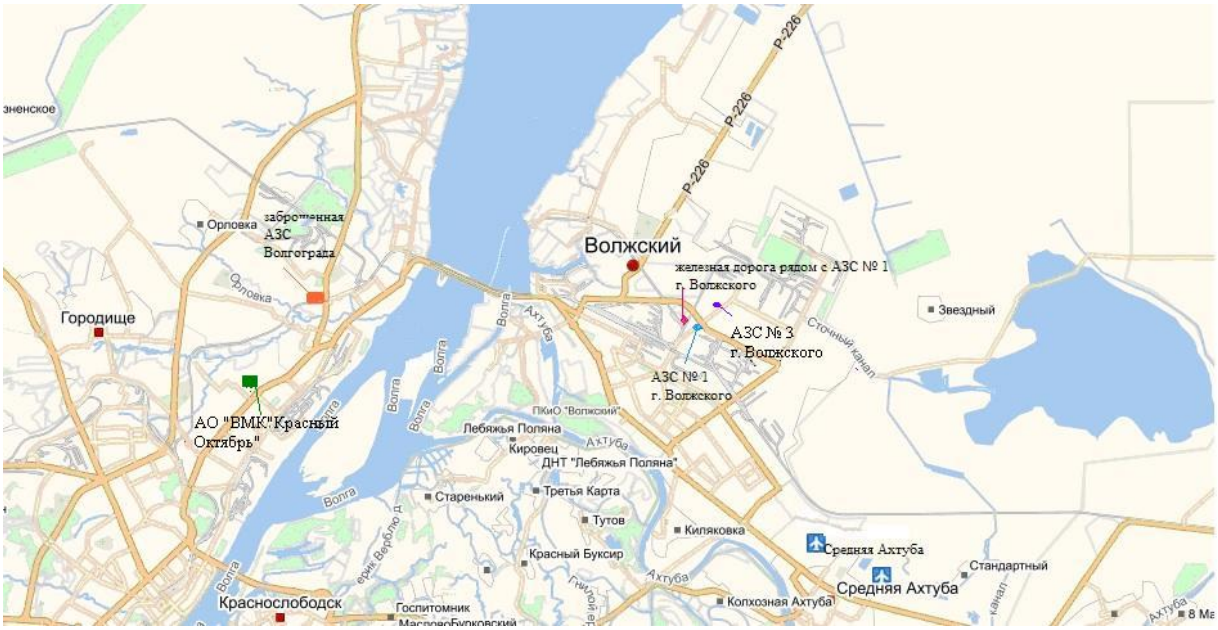


Рис. 1. Карта-схема расположения объектов исследования

Выщелачивание НП

До начала опыта определяли концентрацию Сорг в почвах. Навеску почвы, равную 50 г, заливали 100 мл дистиллированной воды в конической колбе, затем закрывали плотно прикрытой крышкой. Три раза в день раствор перемешивали в течение 2 минут. Опыт повторяли в течение 40 дней. Через каждые10 суток отбирали аликвоту, равную 10 мл, на определение в ней Сорг и нефтепродуктов [9, 12]. Эффективность выщелачивания устанавливали по величине Сорг, оставшегося в почве.

Испарение НП

До начала опыта определяли концентрацию Сорг в почвах. Навеску почвы в 50 г помещали в открытую колбу и через каждые 2 суток в течение 10 дней отбирали по 1 г почвы, чтобы проследить динамику испарения легколетучих органических соединений [6, 7, 9, 11]. Эффективность испарения определяли по величине Сорг, оставшегося в почве.

Определение глубины проникновения бензина марки А-80 в почвенный профиль

Глубину проникновения бензина марки А-80 в почвенный профиль проводили непосредственно на территории АЗС, в прикопках глубиной 30 см. На расстоянии 5 см от их краев выливали 100 мл бензина [6, 9, 11]. Практически сразу в профиле появились локальные пятна нефтепродуктов. По их следам в профиле визуально устанавливали глубину их проникновения в трехкратной повторности.

Водная вытяжка

Водную вытяжку получали согласно ГОСТ 26423-85 [3]: 50 г воздушно-сухой почвы количественно переносили в колбу, добавляли 250 мл дистиллированной воды. Емкость

энергично встряхивали 3 мин. По окончании взбалтывания всю суспензию почвы фильтровали.

Автоклавирование

Автоклавирование проводили в автоклаве MLS – 3020 U (SANVO, Япония) при 1,5 атм (122 ºС), и прогревали в сухожаровом шкафу ШС-80-01 при 170 ºС в течение 40 мин в соответствии с ГОСТ 9586-75 (ИУС 8-88) [4]. Для извлечения высокомолекулярных углеводородов до и после автоклавирования использовали метод автоматизированной ускоренной экстракции в субкритических условиях в аппарате Сокслета.

Концентрация органического углерода (Сорг). Для проведения сравнительного анализа содержания органического углерода (гумуса) и нефтепродуктов предлагаем привести их концентрации к одним единицам измерения в системе СИ, мг/кг [5]:

$$\% = \text{г}/100\ \text{г почвы}$$

$$\text{г}/100\ \text{г почвы} = (\text{мг} * 10^{-3})/(\text{кг} * 10) = \text{мг/кг} * 10^{-4} = \%$$

$$\text{мг/кг} = \% * 10^{4}$$

Обсуждение результатов

Нами проведены экспериментальные исследованияпо изучению различных механизмов трансформации нефтепродуктов в почве.

Выщелачивание НП. Нами была определена динамика постадийного выщелачивания нефтепродуктов из светло-каштановой глинистой (АЗС № 1) и песчаной (АЗС № 3) почв. Эффективность выщелачивания определяли по величине Сорг, оставшегося в почве после выщелачивания. Результаты определения динамики выщелачивания нефтепродуктов из светло-каштановых почв представлены в табл. 1.

Содержание органического углерода (Сорг) в светло-каштановой глинистой почве (АЗС № 1) до начала опыта составляет 5,29%, а в светло-каштановой песчаной почве (АЗС № 3) Сорг – 69,00%.

Таблица 1

Эффективность последовательного выщелачивания нефтепродуктов из светло-каштановой почвы при многократном поливе

День полива	Сорг в почве, %	Сорг, в % от исходного в почве	Сорг, выщелоченное, %
Глинистая почва, АЗС № 1			
Начало опыта	5,29	100,00	0
1	4,58	86,58	13,42
11	2,12	40,08	59,92
21	2,05	38,75	61,25
31	2,05	38,75	61,25
40	2,05	38,75	61,25
Песчаная почва, АЗС № 3			
Начало опыта	69,00	100,00	0
1	20,70	30,00	70,00
11	4,95	7,20	92,80
21	4,92	7,10	92,90
31	4,92	7,10	92,90

Согласно данным, представленным в табл. 1, выявлена закономерность – независимо от количества НП в почве, ее гранулометрического состава, выщелачивание эффективно в течение первых 11 дней. В период с 11 по 21 сутки выщелачивание незначительное, затем процесс выщелачивания не зафиксирован.

После 21 суток в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 содержание органического углерода остается неизменным. За три недели его концентрация в почве снизилась в 2,58 раза (с 5,29 до 2,05%).

При значительном содержании Сорг, равном 69,00%, в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3, в течение первых 11 дней опыта, концентрация НП в почве в результате выщелачивания снизилась в 13,9 раза (до 4,92%), далее процесс выщелачивания не зафиксирован.Причиной такой высокой эффективности выщелачивания может быть большее содержание нефтепродуктов.

Полученные данные свидетельствуют о том, что мобильная легкорастворимая часть органических соединений антропогенного и природного происхождения в течение 10 дней выщелачивается из почвы.

Испарение НП. По мнению В. Н. Луканина и Ю. В. Трофименко легкие НП в большинстве своем разлагаются и испаряются еще с поверхности почвы, быстро смываются водой. Содержание нефтепродуктов в почве в результате снижается на 20-40% [10].

Результаты определения испарения нефтепродуктов из светло-каштановых почв представлены в табл. 2.

Таблица 2

Интенсивность испарения нефтепродуктов из светло-каштановой почвы, % Снач (постадийное), %

Время экспозиции, сутки	$C_{общ}$		$C_{исп}$
	%	Доля от первоначального	%, постадийное
Глинистая почва, АЗС № 1			
0	5,29	0,00	0,00
2	4,24	80,15	1,05
4	3,78	71,45	0,46
6	2,97	56,14	0,81
8	2,52	47,63	0,45
10	1,88	35,54	0,64
Песчаная почва, АЗС № 3			
0	69,00	0,00	0,00
2	39,71	57,55	27,89
4	25,67	37,20	15,45
6	15,50	22,46	11,48
8	8,38	12,14	7,10
10	4,15	6,01	4,24

Примечание: $C_{общ}$ – количество органического углерода, оставшееся в почве, $C_{исп}$ – количество испарившегося органического углерода.

Из анализа данных табл. 2 следует, что за 10 суток в светло-каштановой глинистой почве в результате испарения содержание $C_{орг}$ снизилось в 2,8 раза, с 5,29 до 1,88%, и составило 35,54% от первоначального, в светло-каштановой песчаной – в 16,63 раза, с 69,00 до 4,15%, и составило после испарения 6,01%.

Количество испарившегося органического углерода снижается в обоих опытах, в светло-каштановой глинистой почве эффективность испарениямаксимальна на 2 и 6 сутки, соответственно 1,05 и 0,81%, в песчаной почве – на 2 и 4 сутки, соответственно 27,89 и 15,45%.

Глубина проникновения бензина А-80 в почвенный профиль. Результаты опыта по определению глубины проникновения бензина А-80 в почвенный профиль представлены в табл. 3.

Таблица 3

Глубина проникновения бензина А-80 в почвенный профиль, см

Тип почв, объект исследования	Глубина проникновения			
	Повторность			Среднее
	I	II	III	
Светло-каштановая глинистая, АЗС № 1	1,00	2,50	5,00	2,83
Светло-каштановая песчаная, АЗС № 3	10,00	13,00	15,00	12,67

Результаты опыта показывают, что глубина проникновения бензина А-80 в нижележащие горизонты незначительная, но выше в почвах легкого гранулометрического состава. Она достигает в среднем 12,67 см, изменяясь от 10 до 15 см. В светло-каштановой глинистой почве глубина проникновения поллютантов составляет всего 2,83 см, диапазон колебаний от 1 до 5 см.

Водная вытяжка. «…любые соединения, поступающие в почву извне, взаимодействуют с органическим веществом как твердой фазы, так и почвенного раствора» - отмечал И. С. Кауричев [8, с. 120]. Опыты с водной вытяжкой подтвердили возможность растворения органических соединений и их переход в водную вытяжку. Результаты представлены в табл. 4.

Анализ полученных нами данных показал, что содержание НП в светло-каштановых почвах изменяется в широких пределах от 112 до 350 мг/кг, а количество фракций, растворимых в водной вытяжке, находится в диапазоне от 11,14 до 37,84%. Близкие величины водорастворимых фракций, переходящих в водную вытяжку, в составе нефтепродуктов показывают, что их количество практически не зависят от их исходного содержания, типа почвы, ее гранулометрического состава.

Таблица 4

Содержание нефтепродуктов в водной вытяжке светло-каштановых почв

Объекты	Грансостав	Содержание нефтепро-дуктов в исходной почве, мг/кг	Содержание нефтепродуктов в водной вытяжке	
			мг/кг	% от исходного
АО «ВМК «Красный Октябрь»	песчаная	350,00	39,00	11,14
Заброшенная АЗС	песчаная	148,00	56,00	37,84
АЗС № 1 г.	глинистая	135,00	17,00	12,59
Железная дорога	песчаная	112,00	13,80	12,32

Автоклавирование. Возможность десорбции нефтепродуктов, находящихся в почве в закрепленном состоянии, определяли с помощью автоклавирования, которое аналогично крекингу нефти. При термическом крекинге углеводороды расщепляются под воздействием высоких температур и повышенного давления. Каталитический крекинг происходит при нормальном давлении с использованием в качестве катализаторов силикатов [13]. Считаем, что в почве подобные механизмы десорбции существуют. Результаты автоклавирования приведены в табл. 5.

Таблица 5

Содержание нефтепродуктов и органического углерода в почве до и после автоклавирования

Объекты	Грансостав	Содержание нефтепродуктов			Органический углерод	
		До автоклавирования		после автоклавирования (НПвал), мг/кг	%	мг/кг * 10^4
		мг/кг	% от НПвал			
АЗС № 3 г.	Песчаная	202	82	247	2,74	2,74
Заброшенная АЗС	Песчаная	148	90	164	3,32	3,32
АЗС № 1 г.	Глинистая	135	80	168	0,82	0,82
Железная дорога	Песчаная	112	70	160	2,84	2,84

Анализ данных, приведенных в табл. 5, позволил выявить следующие закономерности. До автоклавирования наибольшее содержание НП выявлено в песчаной почве АЗС № 3 (202 мг/кг), а наименьшее – в песчаной почве железной дороги (112 мг/кг).

После автоклавирования концентрация нефтепродуктов в светло-каштановой почве увеличивается в 1,22–1,43 раза (наименьшее и наибольшее значения наблюдаются в песчаной почве). Диапазон изменений практически сопоставимый, что подтверждает одинаковую долю сорбированных органических соединений в почвах не зависимо от их типа, гранулометрического состава и концентрации нефтепродуктов. В светло-каштановых почвах количество НП после автоклавирования увеличилось на 16–48 мг/кг.

Полученные результаты позволяют предположить, что под действием температуры и давления возможен процесс термической десорбции, разрушения химических связей, в результате чего органические компоненты высвобождаются из глиногумусовых и песчаногумусовых комплексов.

Процессы трансформации нефтепродуктов в светло-каштановой почве агломерации Волгоград-Волжский можно отразить на схеме (рис. 2).

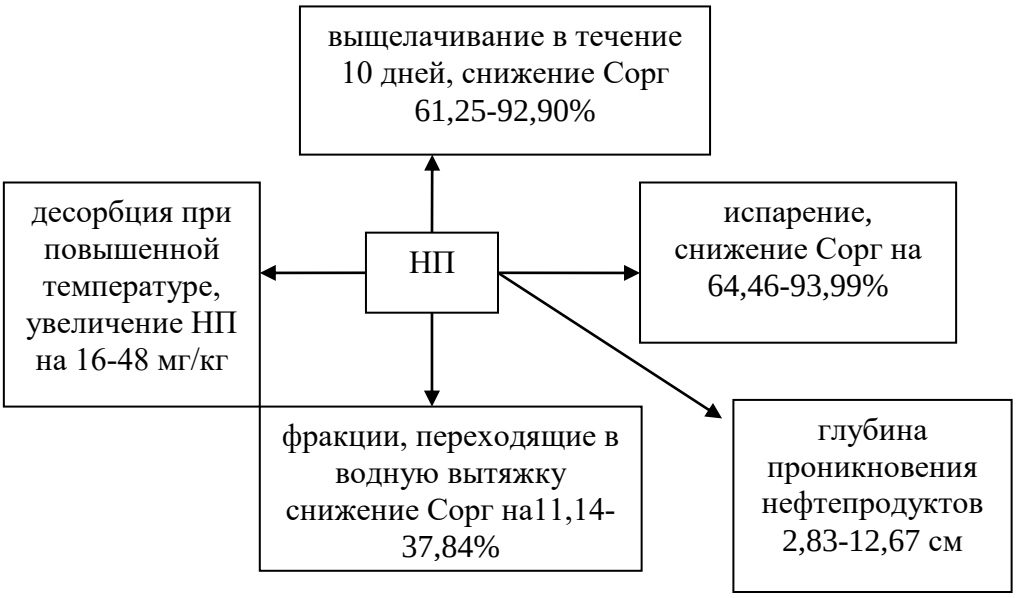


Рис. 2. Схема процессов трансформации нефтепродуктов в светло-каштановой почве агломерации Волгоград-Волжский

Выводы

1. Независимо от количества нефтепродуктов в почве, ее типа и гранулометрического состава, выщелачивание эффективно в течение первых 11 дней. После 21 суток в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 содержание органического углерода снизилось в 2,58 раза (с 5,29 до 2,05%). При значительном содержании Сорг, равном 69,0%, в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3, в течение трех недель опыта, концентрация Сорг в почве в результате выщелачивания снизилась в 13,9 раза (до 4,92%).

2. За 11 суток в глинистой почве в результате испарения содержание $C_{орг}$ снизилось в 2,8 раза, с 5,29 до 1,88%, и составило 35,54% от первоначального, в песчаной – в 16,63 раза, с 69,00 до 4,15%, и составило 6,01% от исходного.

3. Глубина проникновения бензина А-80в почвенный профиль зависит от их гранулометрического состава, в светло-каштановых песчаных почвах составляет 10–15 см, в светло-каштановых глинистых – 1–5 см.

4. Количество фракций, переходящих в водную вытяжку, в составе нефтепродуктов не зависит отих исходного содержания, типа почвы, ее гранулометрического состава и составляет 11–38%.

5. До автоклавирования, в светло-каштановой почве наибольшее содержание НП выявлено в песчаной почве АЗС № 3 (202 мг/кг), а наименьшее – в песчаной почве железной дороги (112 мг/кг). После автоклавирования, наибольшее содержание НП установлено в почве АЗС № 3 (247 мг/кг), а наименьшее – в почве железной дороги (160 мг/кг).

6. После автоклавирования содержание нефтепродуктов в светло-каштановой почве увеличивается на 16–48 мг/кг (в 1,22–1,43 раза) (наименьшее и наибольшее значения наблюдаются в песчаной почве). Диапазон изменений практически сопоставимый, что подтверждает одинаковую долю сорбированных органических соединений в почвах не зависимо от их типа, гранулометрического состава и концентрации нефтепродуктов.

Литература

1. *Баландина А. В., Кузнецов Д. Б., Бурдова Л. В.* Самовосстановление нефтезагрязненных почв // Успехи современного естествознания 2014. № 14. С. 85-88.

2. ГОСТ 17.4.3.01-83. Почвы. Общие требования к отбору проб.

3. ГОСТ 26423-85. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.

4. ГОСТ 9586-75 (ИУС 8-88). Автоклавы вертикальные. Технические условия.

5. *Заикина В. Н., Околелова А. А., Кастерина Н. Г.* Органические соединения в почвах агломерации Волгоград-Волжский // Экология и почвы : материалы XX Всерос. Школы. 13 окт. 2015 г., г. Пущино. Т. XI. М., 2015. С. 20-21.

6. *Заикина В. Н., Кастерина Н. Г., Околелова А. А.* Пути трансформации нефтепродуктов в светло-каштановых почвах // Научный альманах. Тамбов, 2015. № 8 (10). С. 1193-1197.

7. *Кастерина Н. Г., Заикина В. Н., Аухатова А. Э.* Испарение нефтепродуктов из светло-каштановых почв агломерации // Материалы XXIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2016» : тез. докл. : секция «Почвоведение», 11-15 апреля 2016 г. М.: МГУ им. М. В. Ломоносова : МАКС Пресс, 2016. С. 118-119.

8. *Кауричев И. С.* Почвоведение. М. : Агропромиздат, 1989. 719 с.

9. *Кокорина Н. Г., Околелова А. А., Головачников А. Б.* Детоксикация нефтезагрязненных почв хитозаном. Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2012. 204 с.

10. *Луканин В. Н., Трофименко Ю. В.* Промышленно-транспортная экология. М. : Высш. Шк., 2001. 273 с.

11. Особенности трансформации нефтепродуктов в почвах / *А. А. Околелова и др.* // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. 2016. № 18 (239), вып. 36. С. 151-159.

12. Механизм выщелачивания нефтепродуктов из светло-каштановых почв / *А. А. Околелова и др. //* Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны : тез. докл. VII съезда Общ-ва почвоведов и Всерос. с междунар. участием науч. конф., Белгород, 15-22 августа 2016 г. Ч. II. М.; Белгород : Белгород, 2016. С. 89-90.

13. *Павлов Б. А., Терентьев А. П.* Курс органической химии. М. : Химия, 1972. 648 с.

14. TheAustralianmethodology to derive e4ological investigation levels in contaminated soils / D. Heemsbergen etc. // CSIRO Land and Water Science Report. 2009. P. 43-49.

15. *Jobson A., Cook F. D., Westlake D. W. S.* Microbial utilization of crude oil // Appl. Microbiol. 1972. Vol. 23. P. 1082-1089.

16. *Perry J. J.* Microbial co-oxidations involving hydrocarbons // Microbiol. Rev. 1979. V. 43, № 1. P. 59 – 72.

17. *Sherrill T. W., Sayler G. S.* Phenanthere biodegradatic in freshwater environments // Appl. Environm. Microbiol. 1980. Vol. 39, № 1. P. 172-178.

УДК: 910.27, 631.471

ЦИФРОВОЕ ПОЧВЕННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ СВЕРДЛОВСКОГО УЧАСТКОВОГО ЛЕСНИЧЕСТВА МОСКОВСКОГО УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

С. Б. Мартыненко, А. С. Мартыненко, К. А. Исаков, Е. Н. Крылова, А. А. Бараненкова
Мытищинский филиал Московского государственного
технического университета им. Н. Э. Баумана,
martinen@mgul.ac.ru

В статье рассмотрена актуальность перехода в решении производственных и научных задач в лесном почвоведении от бумажных картографических материалов к электронным, что позволяет, во многом, упростить проведение многих работ и существенно повысить их качество и точность.

На основании проведённой работы была создана электронная база почвенного покрова на основе геоинформационных систем и созданы различные тематические карты.

Ключевые слова: геоинформационные системы, крупномасштабное картографирование, базы данных, лесные почвы.

Введение

На сегодняшний день современные компьютерные технологии стали неотъемлемой частью нашей жизни, их применение проникло во все сферы деятельности, что не обошло стороной и лесное хозяйство [1]. Их интенсивное развитие ставит перед комплексом прикладных и фундаментальных лесных наук в целом, и перед почвоведением в частности, новые задачи и открывает новые возможности [2]. Применение ГИС для создания крупномасштабных почвенных карт заметно упрощает и ускоряет процесс их составления, что даёт возможность существенно сократить сроки и объёмы работ, и как следствие, материальные затраты.

Основной задачей составления цифровой почвенной карты должно быть создание векторной модели распределения почв в пространстве, в которой все объекты (почвенные контуры) оказываются привязанными в пространстве, т.е. имеющими координаты, и обладающими различными свойствами, такими как систематическое положение (название почвы), занимаемая площадь и т.д. Цифровая карта позволяет максимально оперативно находить местоположение разрезов по их номеру или названию почвы; получать информацию по описанию точек; по площадям, занимаемым почвенными контурами, а также рассчитывать соотношение площадей. Совмещение слоёв разных пространственных данных помогает перейти на новый качественный уровень.

Объекты и методы

Исследования проводились в северо-восточной части Московской области на объектах Свердловского участкового лесничества Московского учебно-опытного лесничества. Цель работы – почвенное крупномасштабное картографирование части территории данного участкового лесничества с помощью геоинформационных технологий.

Программа работ предусматривала проведение детального почвенного обследования одного лесного квартала, а также создание и объединение картографической основы и атрибутивной информации в среде ГИС, включающей в себя все собранные почвенные материалы.

Во время полевых работ с помощью GPS навигатора Garmin 62s территория квартала покрывалась сетью с шагом 80 м. В узлах сети закладывались почвенные прикопки, глубиной 50…80 см. По почвенному профилю определялись: название почвенной разности, гранулометрический состав и материнская порода. Прикопки, в которых выявлялся новый тип почвы или изменялась материнская порода, углублялись до полного разреза. Помимо этого, почвенные разрезы были заложены в типичных для исследуемого участка условий. Всего было заложено 112 почвенных прикопок, 10 из которых были углублены до разрезов.

В ходе камеральных работ данные из почвенных журналов были обработаны и занесены в электронную таблицу. Они стали основными характеристиками для создания тематических карт. Для составления карт использовалось программное обеспечение SAS.Планета и QuantumGIS.

В качестве геопривязанной картографической основы был использован актуальный космоснимок (Digital Globe, Яндекс), обработанный в программе SAS.Планета. Для оценки рельефа картируемой территории привлекались данные радарной топографической съёмки Shuttle radar topographic mission (SRTM). Для подготовки атрибутивной базы данных использовалось свободное программное обеспечение LibreOffice.

Обсуждение результатов

Технология создания тематических почвенных карт лесных земель с помощью ГИС включает в себя несколько этапов:

- Получение геопривязанных космоснимков;
- Получение данных о рельефе;
- Создание геоинформационной системы почвенного покрова;
- Формирования почвенных контуров;
- Создание тематических карт;
- Расчет баланса площадей на основе тематических карт.

Подготовка геопривязанной картографической информации осуществлялась в программе SAS.Планета. В качестве основы был использован космоснимок сервиса Яндекс (поставщик результатов спутниковой съёмки и геопространственных данных DigitalGlobe). Выбрав необходимую зону покрытия объекта исследования, космоснимок с файлами геопривязки был подготовлен для его импорта в программу QGIS.

Полученный геопривязанный космоснимок был помещён в создаваемую ГИС, и все дальнейшие построения осуществлялись на его основе (код системы координат EPSG:3395 [WGS 84 / World Mercator] проекция Меркатора, эллипсоид WGS84).

Для получения данных о рельефе объекта исследования были использованы данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

С помощью модуля создания изолиний в программе QGIS был получен векторный линейный слой из горизонталей. В качестве атрибутивной информации каждой горизонтали была присвоена её высотная отметка.

При создании геоинформационной системы почвенного покрова использовалось программное обеспечение QGIS, которое позволяет напрямую работать с форматом “gpx”, применяемом в навигаторах фирмы Garmin. Указанные точки были конвертированы

в отдельный точечный Shape-файл, который является стандартным векторным форматом данных в QGIS. Shape-файл также включает файл с расширением “prj”, который содержит информацию о проекции. Пространственная информация об исследуемом квартале была размещена в виде полигонов, а информация о местоположении почвенных прикопок – в виде точек.

Следующим этапом работы было построение почвенных карт. Для автоматизации построения почвенных контуров был использован метод полигонов Вороного, с помощью которого было произведено разбиение метрического пространства на области, в которых находятся координаты наших прикопок. Пространство разбивается на области, содержащие наши координаты таким образом, чтобыкаждая координата принадлежала области, образованной всем, что ближе к этой координате, чем к какой-либо другой координате прикопок.

Затем области с идентичными значениями и смежными границами объединялись в полигоны. Ввиду того, что полигоны имеют угловатую форму, а переход почвенных разностей не является таким явным, было выполненосглаживание границ с учётом рельефа (рис. 1).

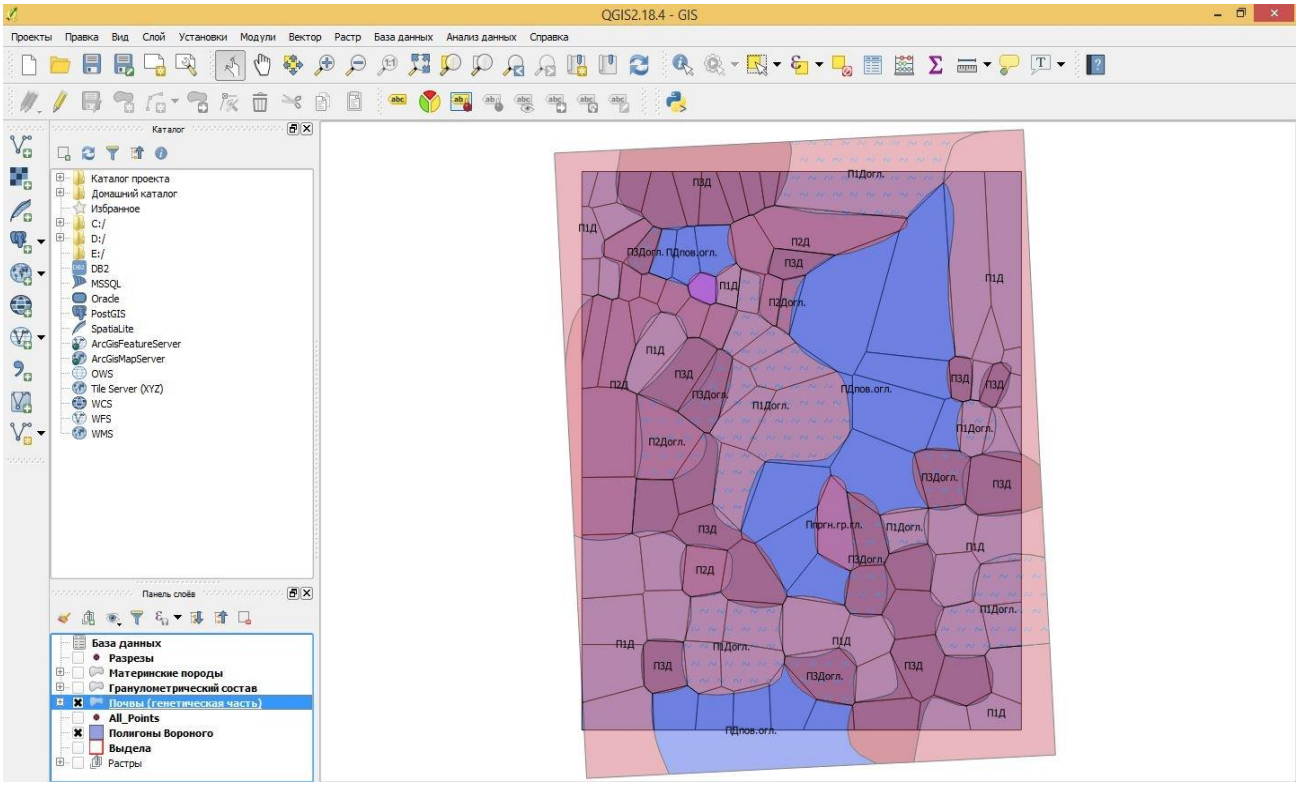


Рис. 1. Созданная почвенная карта на основе полигонов Вороного

Далее были составлены тематические карты, отражающие расположения материнских пород, гранулометрического состава и типов почв (рис. 2).

Используя программу QGIS, мы также смогли посчитать площади полученных полигонов на тематических картах с точностью до метра, переведя их затем в гектары.

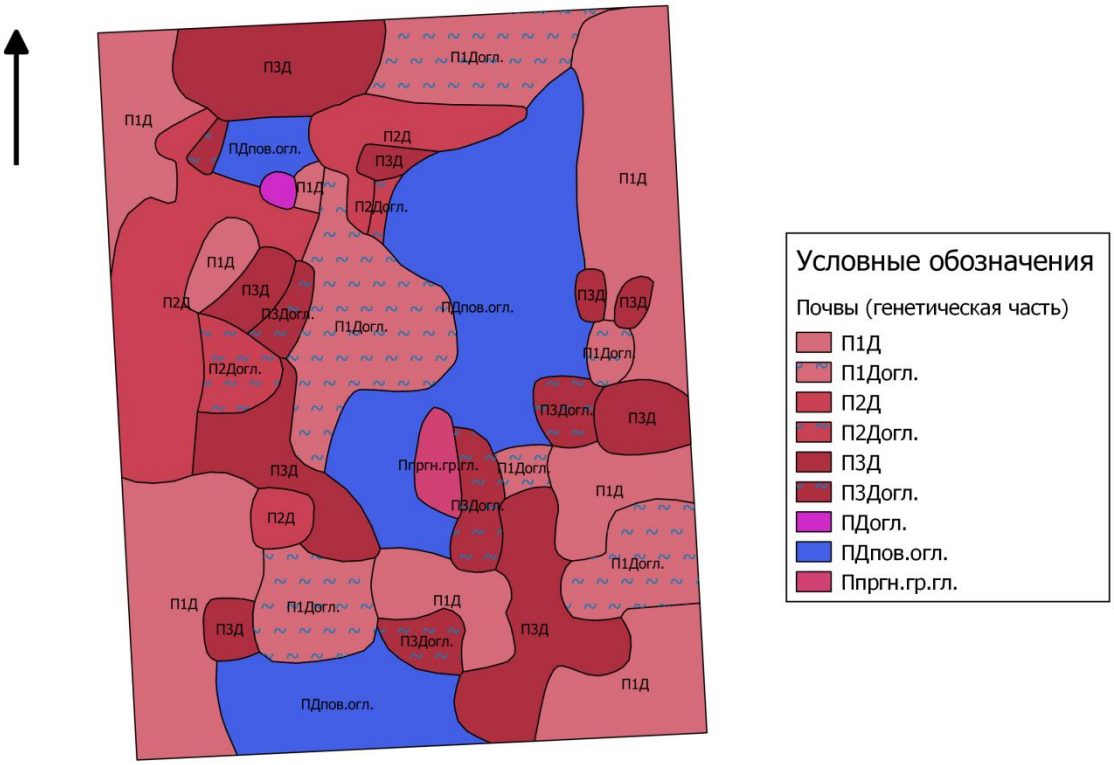


Рис. 2. Электронная почвенная карта

Из табл. 1 видно, что преобладающей почвенной разностью на объекте исследованияявляется дерново-слабоподзолистая почва. Она занимает 46,15 га, что составляет 27,74% от общей площади квартала.

Таблица 1

Баланс площадей на основе карты типов почв

№	Почва	Площадь, га	Площадь, %
1	Дерново-слабоподзолистая	46,15	27,74
2	Дерново-среднеподзолистая	17,90	10,75
3	Дерново-сильноподзолистая	27,08	16,28
4	Перегнойно-подзолистая поверхностно-оглеенная	1,60	0,96
5	Дерново-подзолистая поверхностно-оглеенная	34,93	21
6	Дерново-слабоподзолистая глееватая	28,56	17,17
7	Дерново-среднеподзолистая глееватая	2,82	1,70
8	Дерново-сильно-подзолистая глееватая	7,32	4,40
Итого		166,32	100

Из табл. 2 можно увидеть, что преобладающим гранулометрическим составом на нашем участке является средний суглинок, который занимает 115,25 га, что составляет 69,29% от общей площади квартала.

Таблица 2

Баланс площадей на основе карты гранулометрического состава

№	Гранулометрический состав	Площадь, га	Площадь, %
1	Лёгкий суглинок	34,4	20,71
2	Средний суглинок	115,25	69,29
3	Тяжёлый суглинок	16,67	10,00
Итого		166,32	100

Преобладающей материнской (почвообразующей) породой квартала является морена (табл. 3). Её площадь составила 163,83 га, что составляет 98,50% от общей площади квартала.

Таблица 3

Баланс площадей на основе карты материнских пород

№	Материнская порода	Площадь, га	Площадь, %
1	Морена	163,83	98,50
2	Аллювиальные отложения	2,73	1,64
Итого		166,32	100

Выводы

В результате проведённого исследования был собран большой фактический материал о почвенном покрове объекта исследований. Сбор полевой информации осуществлялся на основе стандартных методов почвенного обследования с применением современных информационных и спутниковых технологий.

С помощью свободного программного обеспечения (QGIS) была построена геоинформационная система почвенного покрова части территории Свердловского участкового лесничества.

Построение почвенных тематических карт осуществлялось автоматизированным способом, на основе метода полигонов Вороного. Предложенная технология построения почвенных карт показала свою эффективность. Дополнительная корректировка осуществлялась вручную с учётом имеющегося рельефа местности, полученного на основании данных дистанционного зондирования Земли.

Предложенная методика может быть использована при решении научных и производственных задач в области лесного почвоведения. Применение открытого программного обеспечения существенно упрощает и удешевляет процесс использования данной методики. Дальнейшее развитие данной методики может быть направлено в сторону более активного применения данных ДЗЗ в части оценки растительности при уточнении грани почвенного покрова [3, 4].

Литература

1. *Вуколова И. А.* ГИС-технологии в лесном хозяйстве Пушкино: ГОУ ВИПКЛХ, 2008. 79 с.

2. Возможности ГИС-технологий для рационального использования лесных почв / *А. Н. Максимова и др. //* Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2016. Т. 20. № 1. С. 112-117.

3. Динамика площадей древесных насаждений Московского региона за 2000–2013 годы / *П. В. Онтиков и др.* // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2016. Т. 20. № 1. С. 184–188.

4. Изучение фитомассы лесов: текущее состояние и перспективы / *Д. Г. Щепащенко и др.* // Сибирский лесной журнал. 2017. № 4. С. 3–11.

УДК 631.41

ЛАТЕРАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ВО ФРАКЦИИ 0,25-0,05 ММ ПОЧВ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В БАССЕЙНЕ Р. ПРОТВА

О. А. Самонова, Е. Н. Асеева

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва,
oasamonova@mail.ru, aseyeva@mail.ru

Выполнен анализ содержания и латерального распределения металлов в фракции 0,25–0,05 мм гумусовых горизонтов почв катен, типичных для данной территории – водораздельно-долинной и водораздельно-овражной, овражной и балочной системах. Параметры распределения металлов в данной фракции почв обусловлены не только ее генезисом: нахождением в составе покровных суглинков, опесчаненных моренных суглинков, флювиогляциальных песков, но и их геохимической трансформацией в процессе механического перемещения.

Ключевые слова: гранулометрическая фракция, почва, металлы, латеральное распределение.

Введение

Гранулометрический состав почв – один из главных факторов, определяющих содержание металлов, его изменение в значительной степени обусловливает их радиальное и латеральное распределение. Для оценки участия металлов в ландшафтно-геохимических процессах, геохимической трансформации твердой фазы почвенного материала в процессе механического перемещения, необходимы детальные исследования химического состава отдельных гранулометрических фракций. Большинство работ содержит анализ фракции физической глины, состоящей из пылеватых и илистых частиц, преобладающих в твердой фазе лесных суглинистых почв и определяющих количество металлов, участвующих в миграционных потоках и формировании фоновой геохимической структуры территории. Геохимические параметры песчаных фракций почв изучены менее детально, что снижает объективность и точность оценки миграционных процессов. Анализ латеральной дифференциации содержания металлов в мелкопесчаной фракции почв лесных ландшафтов помогает расширить существующие представления об их участии в почвенно-геохимических процессах, протекающих в данной природной обстановке.

Объекты и методы

Объекты исследования расположены в средней части бассейна р. Протва, в юго-восточной части Смоленско-Московской возвышенности. Рельеф района типичен для вторичных моренных равнин [13]. Покровные и склоновые отложения, которые служат основой современных ландшафтов, представлены лессовидными суглинками междуречий, озерно-болотными осадками моренных западин, флювиогляциальными супесями и песками [7]. В системе почвенного районирования эта территория относится к Среднерусской провинции дерново-подзолистых среднегумусированных почв [5], морфологические

свойства этих почв описаны М. И. Герасимовой [3]. На данной территории широко развиты текстурно-дифференцированные почвы на суглинистых отложениях и почвы, развивающиеся в толще двучленных отложений различного гранулометрического состава. Минералогические и химические аспекты текстурной дифференциации почв подробно описаны в [12], латеральное распределение металлов в почвенной массе и в отдельных гранулометрических фракциях почв катен, а также овражной системы – в [9, 10, 11].

Водораздельно-долинная катена (в таблицах и на рисунках – катена 1) протяженностью 200 м изучена на правом берегу р. Протва. Автономный и трансэлювиальный ландшафты пологого склона занимают дерново-слабоподзолистые почвы на покровных суглинках; в трансэлювиальных позициях крутого склона формируются дерновые почвы на корнях подзолистой, подстилаемые делювиальными суглинками; трансэлювиально-аккумулятивный ландшафт нижней части склона долины р. Протва сформировался на дерново-карбонатных выщелоченных почвах, на карбонатных моренных суглинках. Миграция элементов протекает в слабокислой и кислой (pH=5,1–6,4) обстановке почв верхних частей катены и в нейтральной (pH=7,2–7,4) – нижней части катены. Содержание гумуса в почвах катены увеличивается от автономных почв к подчиненным, оставаясь в интервале 1,7–3,2%.

Водораздельно-овражная катена (катена 2) северо-западного склона оврага, расположенного на правом берегу р. Протва, имеет протяженность 180 м и включает следующие элементарные ландшафты: автономный с дерново-слабоподзолистыми почвами, на покровных суглинках; трансэлювиальный пологого склона с дерново-слабоподзолистыми почвами с погребенными горизонтами, подстилаемыми супесчаными отложениями флювиогляциального генезиса; трансэлювиальный ландшафт крутого склона с дерновыми смыто-намытыми почвами, развивающимися на делювиальных суглинках, подстилаемых супесчаными отложениями, транссупераквальный ландшафт днища оврага с дерновыми глееватыми почвами на делювиальных суглинках, подстилаемых флювиогляциальными песками. Обстановка миграции кислая (pH=4,8–5,0) окислительная в почвах автономных и трансэлювиальных ландшафтов и восстановительная с аналогичными щелочно-кислотными свойствами – в почве транссупераквального ландшафта. Содержание гумуса в дерново-подзолистых почвах автономных и трансэлювиальных позиций составляет 2–3%, а в дерновой глееватой почве транссупераквального ландшафта снижается до 0,72%.

Овраг и балка находятся на левом берегу р. Протва и прорезаюттолщу только четвертичных отложений. Они отличаются морфологическим обликом и имеют разный возраст. Формирование *оврага* началось во второй половине голоцена, в плане он имеет простую ромбовидную форму, длина не превышает 200 м, глубина в средней части достигает 8 м. Склоны прямые, крутизна от 20 до 50°. Бровки оврага четкие, поперечный профиль V-образный, в приустьевой части – U-образный. В верхней части овраг последовательно прорезает маломощные покровные суглинки, флювиогляциальные пески и сильно опесчаненную московскую морену [8]; в средней части углубляется в толщу водно-ледниковых песков и алевритов, частично вскрывает слой днепровской морены, представленной тяжелыми суглинками, насыщенными крупнообломочным материалом. В целом продольный профиль имеет правильную вогнутую форму. Водосборная территория оврага представляет собой трансэлювиальный ландшафт с еловым землянично-овсяницевым сообществом на дерново-среднеподзолистых почвах; склоны коренного берега р. Протва, окружающие эту форму, покрыты еловыми мертвопокровными, елово-березовыми и елово-сосновыми мертвопокровными сообществами на дерново-слабоподзолистых почвах. На склонах и в днище оврага преобладают кустарниковые сообщества, состоящие из черемухи, бересклета, лещины; в травяном покрове – щитовник мужской, крапива двудомная, лютик едкий, зеленые мхи. Некоторые участки днища лишены растительности. Почвенный покров склонов и днища оврага состоит из дерновых, дерновых слаборазвитых разностей [4]. На конусе выноса под луговым землянично-клеверо-злаковым сообществом формируются дерновые среднемощные почвы.

Балка имеет, по-видимому, плейстоценовый возраст. Ее длина достигает 400 м, а глубина в средней части – 12–13 м; поперечный профиль – ящикообразный. Верхние пологие (3–5°) части склонов – реликты более древних форм. Крутые (20–40°) с четкими бровками склоны, опирающиеся на днище, сформировались в процессе углубления современной эрозионной формы. Балка пересекает крутой и пологий склоны долины р. Протва и в верховье достигает древнего озерного понижения. Склоны сложены валунными суглинками и перекрыты плащом покровных суглинков мощностью от 1,1 до 1,45 м [8]. Водосборная область балки, а также склоны коренного берега, окружающие ее верхнюю часть, представлены агроландшафтами на дерново-среднеподзолистых освоенных почвах. В древнем озерном понижении развивается естественная растительность − разнотравно-щучковое с примесью ивы сообщество на дерново-подзолистых грунтово-глеевых почвах [4]. На остальной части склонов долины р. Протва сформировались дубово-еловые и елово-дубовые широкотравные сообщества на дерново-слабоподзолистых почвах. Склоны и днище балки заняты липово-березовыми и березово-рябиновыми крупнотравно-широкотравными сообществами. Почвенный покров склонов и днища балки образуют те же разности, что и в овраге; однако гранулометрический состав почв здесь − суглинистый, а в овраге часто проявляется опесчаненность почвенных профилей. На конусе выноса, под злаково-разнотравным сообществом развиваются дерновые почвы. В обеих эрозионных формах хорошо выражены конусы выноса: в овраге он наложен на высокую пойму, а в балке – на старичное понижение, которое по уровню соответствует средней пойме и периодически затапливается во время весеннего половодья.

Данная работа посвящена анализу латерального распределения металлов в фракции 0,25–0,05 мм гумусовых горизонтов почв, описанных выше ландшафтно-геохимических систем, сформировавшихся в бассейне р. Протва. В почвенной массе определялось содержание Сорг. по Тюрину, значение pH(KCl), во фракции 0,25–0,05 мм – валовое содержание Fe, Mn, Cu, Ni, Co, Cr, Zn, Pb, Ti, Zr спектральным атомно-эмиссионным методом просыпки в 3-х фазной дуге на приборе ДФС-458 в Бронницкой геолого-геохимической экспедиции ФГУП «Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов». Точность анализа составляет ±10%. Гранулометрический анализ выполнен пирофосфатным методом. Мелкопесчаная фракция отмыта водой. Общие химические анализы выполнены в химической лаборатории ИГРАН (г. Москва).

Латеральная дифференциация в ландшафтно-геохимических системах оценивалась с помощью одноименного коэффициента L – отношения содержания элемента в почве анализируемого подчиненного ландшафта к его содержанию в почве автономного ландшафта, которое в тексте приведено в скобках рядом с символом элемента. Малые эрозионные формы рассматривались как единые системы, в которых все геоморфологические элементы (склоны, днище, конус выноса) находятся в тесном взаимодействии между собой и с окружающими трансэлювиальными ландшафтами водосбора. Выборки для статистической обработки результатов анализов сформированы в соответствии с принадлежностью проб к элементарным ландшафтам водосбора, склонов, днища, конусу выноса. В овраге и балке коэффициенты L рассчитаны относительно почв водосбора, пространственные линейные тренды в изменении гранулометрических и химических показателей по длине донных частей – коэффициента корреляции Спирмена. Связи считались значимыми при доверительной вероятности P=0,95 (четкие пространственные тренды и значимая корреляция показателей).

Обсуждение результатов

Медианное содержание в данной фракции (мг/кг): Ti − 3000, Mn − 500, Zr − 640, Zn, Cu, Cr − 50, Ni − 23, Pb – 18, Co – 8,0, Fe − 3,2%. Полученные данные находятся в интервалах, характеризующих содержание металлов в песчаных почвообразующих отложениях [1, 2, 6].

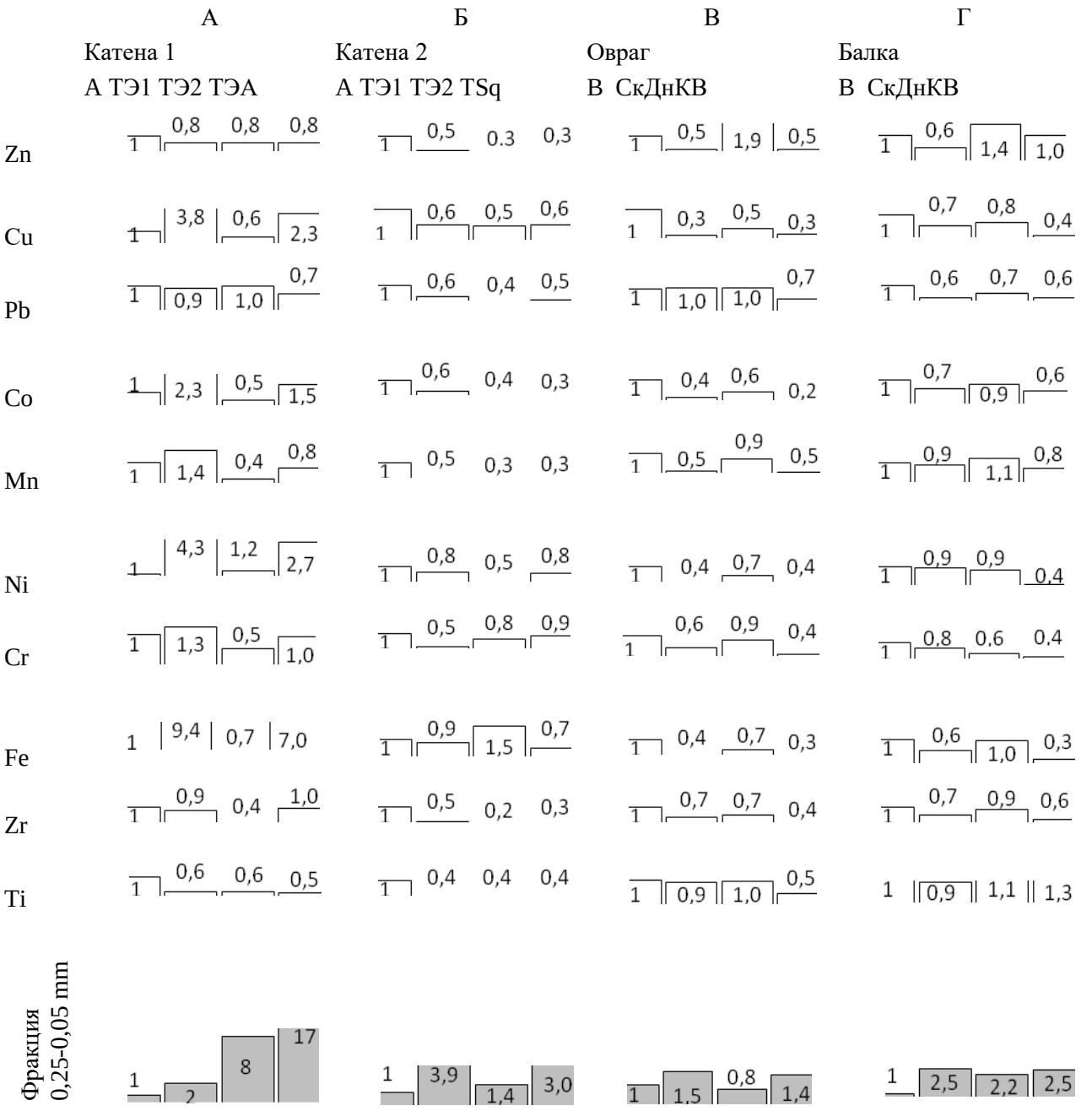


Рис. 1. Диаграммы коэффициентов латеральной дифференциации (*L*) фракции 0,25-0,05 мм и металлов в ее составе в гумусовых горизонтах почв водораздельно-долинной катены (А), водораздельно-овражной катены (Б), оврага (В), балки (Г). Элементарные ландшафты: А – автономный, ТЭ1 – трансэлювиальный пологого (2-4º) склона, ТЭ2 – трансэлювиальный крутого (>10º) склона, ТЭА – трансэлювиально-аккумулятивный, TSq – транссупераквальный. Геоморфологические элементы эрозионных форм: В – водосборная область, Ск – склоны, Дн – днище, КВ – конус выноса. Цифры – значения *L*.

Вариабельность содержания элементов в общей выборке (30 проб) изменяется в широком интервале, наиболее высокие значения коэффициентов вариации (%): Mn (78) >Cu (71) >Co (65) >Zn, Ni (59) >Fe (57) >Zr (47) >Ti (43) >Cr (37) >Pb (35).

Содержание фракции мелкого песка в почвах водораздельно-долинной катены изменяется от 1,4–3,4% в автономных и трансэлювиальных фациях до 24% – в трансэлювиально-аккумулятивной. В водораздельно-овражной катене, в автономных почвах также содержится 3,4% данной фракции, в транссупераквальной фации днища оврага

оно увеличивается до 10%. Таким образом, максимальное содержание мелкого песка наблюдается в подчиненных фациях обеих катен (рис. 1) и обусловлено влиянием почвообразующих пород: наличием опесчаненных моренных суглинков в водораздельно-долинной катене и флювиогляциальных песков – в водораздельно-овражной.

Содержание фракции мелкого песка в овраге увеличивается от 14,7% в почвах водосбора до 25–29% в его внутренней части и на конусе выноса. Это обусловлено влиянием флювиогляциальных песков и сильно опесчаненной московской морены, подстилающей маломощные покровные суглинки на склонах и в днище.

Выявлен статистически достоверный положительный линейный тренд изменения содержания фракции вдоль днища оврага (r=0,8). В балке содержание мелкопесчаной фракции изменяется от 1,7% в почвах водосбора до 6,8 и 4,2% в почвах склонов и днища соответственно, ее содержание в почве конуса выноса не отличается от склоновых значений. Линейный тренд накопления фракции от верховьев к низовьям проявляется слабо.

В табл. 1 приведено содержание металлов в данной фракции автономных почв катен и водосборов оврага и балки, которое дает представление об абсолютных концентрациях металлов в почвах подчиненных ландшафтов данных ландшафтно-геохимических систем. Контрастность латеральной дифференциации металлов в изученных объектах охарактеризована на рис. 1.

Таблица 1

Среднее содержание металлов в фракции 0,25-0,05 мм гумусовых горизонтов автономных почв в ландшафтно-геохимических системах (мг/кг, Fe в %)

Ландшафтно-геохимические системы	Элементы										Фракция, %
	Cu	Zn	Pb	Co	Ni	Cr	Mn	Ti	Zr	Fe	
Катена 1	23	40	14	6	11	55	600	5000	800	0,7	1,4
Катена 2	110	100	27	20	30	66	1500	6200	1700	3,6	3,3
Овраг	96	38	19	13	35	59	523	3050	610	6,0	14,7
Балка	63	50	32	10	40	80	480	2700	533	6,7	1,7

В данной фракции почв *водораздельно-долинной* катены содержание Fe (9,4), Ni (4,3), Cu (3,8), Co (2,3), Mn (1,4), Cr (1,3) увеличивается на пологом склоне и резко снижается на крутом склоне, а концентрация Zn, Pb, Ti и Zr уменьшается в подчиненных почвах (рис. 1.А). Накопление (менее контрастное, чем на склоне) в гумусовом горизонте трансэлювиально-аккумулятивной дерново-карбонатной выщелоченной почвы характерно для Fe (7,0); Ni (2,7); Cu (2,3); Co (1,5), вероятно, оно обусловлено ростом величины pH и формированием щелочного барьера. В почвах *водораздельно-овражной катены*содержание всех металлов уменьшается на склонах и в днище по сравнению с автономной позицией более чем в 2 раза (рис. 1. Б), за исключением Fe. Таким образом, снижение содержания Ti, Mn, Zn и Pb в конечных звеньях характерно для обеих катен.

Почвенно-геохимические процессы, протекающие на данной территории, обусловливают конвергенцию содержаний всех изученных металлов в мелкопесчаной фракции гумусовых горизонтов почв катен (рис. 2), но степень участия в этих процессах у них разная. Наиболее четко конвергенция проявляется для Fe, Cu, Co, Ni, Zn, Mn – различия содержаний в подчиненных почвах снижаются в 2-3 раза и более по сравнению с автономными почвами.

Овраг. Максимальное содержание металлов, кроме Zn, наблюдается в почвах водосбора, в почвах склонов оно уменьшается: Ni, Co, Fe(0,4), Zn, Mn(0,5), Cr(0,6), Zr(0,7). В мелкопесчаной фракции почв днища, относительно склонов, увеличивается содержание Ni, Fe, Mn, Co, Cr – в 1,5–2 раза, Zn – в 3,8 раза (рис. 1. В). Содержание Zr, Ti и Pb на склонах и в днище одинаковое. В почвах конуса выноса концентрация Fe, Zr, Ti, Cr, Co, Pb минимальна. Содержание Fe уменьшается вдоль днища оврага, высокий коэффициент

корреляции (r=−0,9; p=0,04) свидетельствует о рассеянии этого элемента в процессе транспорта фракции. Менее достоверны линейные тренды уменьшения содержаний для Mn, Co, Ni, Zr (r= − 0,7; p=0,19). Литологический фактор определяет более низкие концентрации металлов в почвах внутренних частей оврага по сравнению с водосбором. Параметры латерального распределения металлов в мелкопесчаной фракции объясняются не только ее различным генезисом: нахождением в составе суглинистых или песчаных отложений, но и геохимической трансформацией в процессе механического перемещения от автономных ландшафтов в подчиненные.

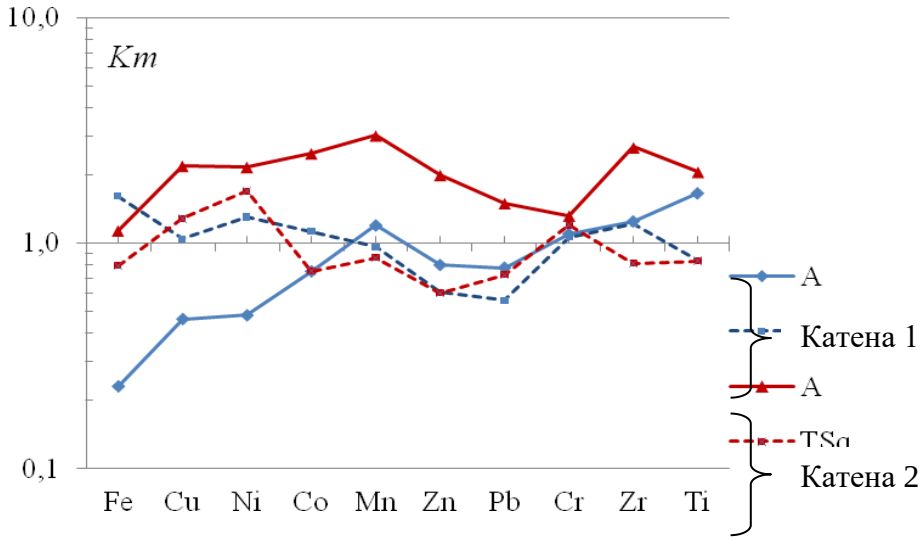


Рис. 2. Геохимические спектры металлов в фракции 0,25–0,05 мм гумусовых горизонтов почв катен гумусовых горизонтов почв. Km – отношение содержания элемента в исследуемом объекте к его медианному значению, рассчитанному для почв обеих катен. Условные обозначения: Катена 1 – водораздельно-долинная, Катена 2 – водораздельно- овражная. А – автономные ландшафты, ТЭА – трансэлювиально-аккумулятивный ландшафт, TSq – транссупераквальный ландшафт.

Балка. В почвах водосбора наблюдается максимальное содержание большинства металлов (исключение: Zn и Mn, которые накапливаются в днище, Ti – на конусе выноса, рис. 1. Г). Уменьшаясь в почвах склонов балки Fe, Zn, Pb (0,6); Cu, Co, Zr (0,7); Cr (0,8); Ti, Mn, Ni (0,9), содержание большинства из них увеличивается в днище относительно склонов: Co, Mn, Pb, Zr – в 1,2-1,3 раза; Fe – в 1,7 раза, а Zn – в 2,3 раза; снижается содержание Cr – в 1,3 раза и практически не меняются концентрации Cu, Ni, Ti. В почвах конуса выноса минимально содержание Fe (0,3), Cu, Ni, Cr (0,4), Zr, Pb, Co (0,6), Mn (0,8), но максимально – Ti (1,3). Характер латеральной дифференциации металлов в составе данной фракции почв балки и оврага одинаковый, различие проявляется в более контрастном уменьшении их содержания на склонах оврага, чем балки. Достоверные линейные тренды в распределении металлов в составе данной фракции по днищу балки не выявлены.

Параметры латеральной дифференциации содержаний металлов в фракции мелкого песка гумусового горизонта почв оврага и балки обусловлены не только ее различным генезисом: нахождением в составе суглинистых или песчаных отложений, но и геохимической трансформацией в процессе механического перемещения от автономных ландшафтов в подчиненные.

Выводы

1. Содержание фракции 0,25–0,05 мм в гумусовых горизонтах почв увеличивается от автономных ландшафтов к подчиненным, как в гетеролитных, так и в монолитных ландшафтно-геохимических системах.

2. Латеральное распределение металлов в фракции 0,25–0,05 мм обусловлено ее геохимическим изменением, в том числе преобразованием минералогического состава почвенного материала, в процессе перемещения по склонам катен, оврага и балки, а также днищу эрозионных форм.

3. Ландшафтно-геохимические процессы обусловливают конвергенцию содержаний металлов во фракции 0,25–0,05 мм гумусовых горизонтов подчиненных почв катен, которая наиболее четко проявляется для Fe, Cu, Co, Ni, Zn, Mn.

4. Характер латеральной дифференциации металлов в составе данной фракции почв оврага и балки одинаковый: их максимальная концентрация, кроме Zn и Ti, наблюдается в почвах водосбора; различие проявляется в более контрастном уменьшении содержания элементов на склонах оврага, чем балки, что связано с различным генезисом фракции в эрозионных формах.

Литература

1. *Байдина Н. Л.* О содержании тяжелых металлов в гранулометрических фракциях почвы в Новосибирске // Агрохимия. 2001. № 3. С. 69-74.

2. *Богатырев Л. Г., Ладонин Д. В., Семенюк О. В.* Микроэлементный состав некоторых почв и почвообразующих пород южной тайги Русской равнины // Почвоведение. 2003. № 5. С. 568-576.

3. *Герасимова М. И.* Почвы Сатинского учебного полигона // Комплексная географическая практика в Подмосковье. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1980. С. 101-109.

4. *Герасимова М. И., Исаченкова Л. Б.* Почвы и почвенный покров Сатинского учебного полигона. М. : Полиграф. отдел географ. факультета МГУ, 2003. 39 с.

5. *Добровольский Г. В., Урусевская И. С.* География почв. М. : Изд-во МГУ, 1984. 416 с.

6. Содержание тяжелых металлов в почвообразующих породах юга Западной Сибири / *В. Б. Ильин* // Почвоведение. 2000. № 9. С. 1086-1090.

7. Комплексный анализ четвертичных отложений Сатинского учебного полигона /под ред. Г. И. Рычагова, С. А. Антонова. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1992. 128 с.

8. Среднеголоценовая фаза овражкообразования в Юго-Западном Подмосковье / *А. В. Панин и др.* // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2009. № 6. С. 62–73.

9. *Самонова О. А., Асеева Е. Н.* Латеральное распределение металлов в составе гранулометрических фракций почв лесных катен (Смоленско-Московская возвышенность) // Вестник Московского университета. Сер. 5. География, 2009. № 3. С. 58-65.

10. *Самонова О. А., Асеева Е. Н.* Почвенно-геохимическая дифференциация малых эрозионных форм в юго-восточной части Смоленско-Московской возвышенности //Вестник Московского Университета. Сер. 5. География. 2010. № 6. С. 80-87.

11. *Самонова О. А., Касимов Н. С., Асеева Е. Н.* Металлы в гранулометрических фракциях почв овражной системы (Юго-восточная часть Смоленско-Московской возвышенности) // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2016. № 3. С. 18-28.

12. К дифференциации минералогического и химического составов дерново-подзолистых и подзолистых почв / *В. Д. Тонконогов и др.* // Почвоведение. 1987. № 3. С. 68-81.

13. Физико-географическое районирование СССР / под ред. Н. А. Гвоздецкого. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1968. 575 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ РОССИИ И БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ

И. Я. Копысов, А. М. Прокашев. К ДЕВЯНОСТОЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА ВЛАДИМИРА ВЛАДИМИРОВИЧА ТЮЛИНА 3
А. М. Прокашев, Е. С. Соболева, А. С. Именитова. ОБ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ПОЛИГЕНЕТИЧНЫХ ПОЧВ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ 5
Т. Н. Авдеева. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНО–ЧЕРНОЗЕМНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА РОССИИ 14

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

А. М. Прокашев. УЧЕНИЕ О ТИПАХ ВОДНОГО РЕЖИМА – МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА НАУКИ О ПОЧВЕ 24

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА И ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ

М. Н. Буравская, Т. И. Марченко-Вагапова, В. А. Исаков, Н. Н. Воробьев. ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ДОЛИНЫ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. КУИ В ГОЛОЦЕНЕ 32
И. А. Вартан, М. А. Кельдышев, А. А. Крысов, У. А. Стародумова, А. М. Прокашев. ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА И ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВПУГОВОГО УРОЧИЩА ВОСТРОВО 37
А. А. Козлова. ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА И ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ 43
Н. И. Суханова, С. Я. Трофимов, А. В. Кирюшин. ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДНОГО ФЛЮИДА НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ 52

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ, ВЕРИФИКАЦИИ И КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

В. И. Гаврилова. КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ КОРИЧНЕВОГО ТИПА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В НИКИТСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ 61
И. И. Лебедева. ПОДТИПЫ В СУБСТАНТИВНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ РОССИИ 65

ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ, СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Н. Д. Охорзин. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В МИКРОСТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПИЖМО-КОКШАГСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ 69

АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, АГРОХИМИЯ, ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

В. С. Белоусов, В. В. Тараненко, А. Б. Володин. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕЖИМОВ НА ПРЕДКАВКАЗСКОЙ РАВНИНЕ 73
Т. Н. Данилова. ВОДОПОГЛОЩАЮЩИЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ДЕРНОВО - ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ 77
С. Ю. Капустянчик, О. М. Поцелуев, Т. Г. Ломова, Д. Ю. Бакшаев. ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ МИСКАНТУСА СОРТА СОРАНОВСКИЙ 84
А. В. Козлов. ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОКРЕМНИСТЫХ ПОРОД НА ПОКАЗАТЕЛИБУФЕРНОЙ ЕМКОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ 90
И. М. Мухина, Е. Я. Рижия, Н. П. Бучкина, Е. В. Балашов. ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПРОПАШНЫХ И ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РФ 94
А. К. Уланов. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАШНИ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ЗАБАЙКАЛЬЯ 100
Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, А. В. Сазанов. ГЛАУКОНИТОВЫЕ ПЕСКИ ВЯТСКО-КАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ 108

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И БУДУЩЕЕ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Г. И. Агапкина, Е. С. Бродский, А. А. Шелепчиков. ДИХЛОРДИФЕНИЛТРИХЛОРЭТАН В ПОЧВАХ МОСКВЫ 114
А. С. Балыбина, И. Е. Трофимова. ОСОБЕННОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВ ОРОГРАФИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СИБИРИ 124
В. В. Валдайских. ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ МОЩНОСТИ СЕЗОННО- ТАЛОГО СЛОЯ КРИОГЕННЫХ ПОЧВ ЯМАЛЬСКОЙ ЛЕСОТУНДРЫ 131
K. A. Gafarbayli. FERTILITY CHARACTERISTICS OF THE MOUNTAIN-MEADOW SOILS IN GAKH STATE RESERVE 134
В. Н. Жуланова. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АГРОЗЕМНЫХ ТЕКСТУРНО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ ТУВЫ 138
А. М. Керимов, Ш. А. Мамедова, С. С. Новрузова. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ БИОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ 143
Д. Н. Липатов, А. И. Щеглов, Д. В. Манахов. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПРОЙДЕННЫХ ПОЖАРАМИ БОЛОТНЫХ УГОДИЙ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ О. САХАЛИН 150
С. П. Ломов, А. Д. Ишмуратова, И. Н. Спиридонова. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА 156
Н. В. Митракова, О.З. Еремченко. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ЗОНЫ СОЛЕОТВАЛОВ СОЛИКАМСКО-БЕРЕЗНИКОВСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА 162

А. М. Прокашев, А. С. Матушкин, И. А. Вартан, М. А. Кельдышев.
ЭКОЛОГИЯ ПЕДОГЕНЕЗА И СОСТАВ ПОЧВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА» 167
А. М. Прокашев, И. А. Вартан, А. С. Матушкин, С. А. Пупышева, *А. Н. Винокуров.* ПОДЗОЛЫ И ДЕРНОВО-ПОДЗОЛЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА» 177
Л. В. Яковлева, В. К. Опенкина, А. Ф. Абитованова, Д. В. Шараева.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАСОЛЕНИЯ ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОФИЗИКИ 186

ПОЧВЫ – ОБЪЕКТЫ КРАСНЫХ КНИГ

А. М. Прокашев, Е. С. Соболева, С. Л. Мокрушин, А. С. Именитова, М. И. Парфёнов.
СЕРЫЕ ПАЛЕОАЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ПОЧВЫ СО СЛОЖНЫМ ОРГАНОПРОФИЛЕМ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ..... 191

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПОЧВ И ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Т. А. Адамович, Е. В. Товстик, Т. Я. Ашихмина. ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ» 200
В. Н. Заикина, А. А. Околелова. МЕХАНИЗМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ В СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ АГЛОМЕРАЦИ ВОЛГОГРАД-ВОЛЖСКИЙ 204
С. Б. Мартыненко, А. С. Мартыненко, К. А. Исаков, Е. Н. Крылова, А. А. Бараненкова. ЦИФРОВОЕ ПОЧВЕННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ СВЕРДЛОВСКОГО УЧАСТКОВОГО ЛЕСНИЧЕСТВА МОСКОВСКОГО УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА 211
О. А. Самонова, Е. Н. Асеева. ЛАТЕРАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ В ФРАКЦИИ 0,25-0,05 ММ ПОЧВ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В БАССЕЙНЕ Р. ПРОТВА 216

Для заметок

Научное издание

ПОЧВЫ РОССИИ:
ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Сборник статей по материалам Всероссийской
с международным участием научной конференции,
посвящённой Году экологии
и 90-летию со дня рождения профессора В. В. Тюлина

5 октября 2017 г.

ISBN 978-5-98228-149-4

Компьютерная вёрстка: А. М. Прокашев и А. С. Матушкин
Дизайн обложки: А. К. Долгова

Подписано в печать 06.12.2017 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 26,5. Тираж 100 экз. Заказ № 4884.

Отпечатано с готового оригинал-макета в центре полиграфических услуг
Вятского государственного университета,
610000, г. Киров, ул. Московская, 36.