

Российская академия наук

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П. А. Костычева»

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»
Мещерский филиал

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина»

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика
И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Рязанское отделение Российского общества
почвоведов им. В. В. Докучаева

Посвящается памяти
члена-корреспондента РАСХН и НАНКС,
академика МАЭП и РАВН

ЯКОВА ВАСИЛЬЕВИЧА БОЧКАРЕВА

СОВРЕМЕННЫЕ
ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ,
ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сборник трудов научных чтений
Выпуск 13

*Под редакцией доктора сельскохозяйственных наук,
профессора Ю. А. Мажайского*

Рязань, 2017

УДК 631.6.
ББК 40.76
С 56

Редакционная коллегия:

академик Россельхозакадемии, профессор *Н. Н. Дубенок*,
ректор, доктор технических наук, профессор *Н. В. Бышов*
доктор педагогических наук, профессор *Л. Н. Лазуткина*,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *О. В. Черкасов*,
кандидат биологических наук, доцент *С. В. Гальченко*,
кандидат технических наук, доцент *В. А. Биленко*

Научный редактор – кандидат сельскохозяйственных наук *Т. М. Гусева*

Рецензенты:

И. П. Свинцов, академик РАН, доктор технических наук
А. В. Шуравилин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии
и системы сельскохозяйственного производства : сб. трудов науч. чтений / под ред.
Ю. А. Мажайского. – Вып. 13. – Рязань : ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2017. – 207 с.

ISBN978-5 0 07- 6- 3

Сборник трудов научных чтений «Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства» посвящен памяти члена-корреспондента РАСХН И НАН КР, академика МАЭП и РАВН Я. В. Бочкарева. 13-й выпуск сборника содержит материалы, отражающие многогранную научную и научно-практическую деятельность научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений, научных организаций, посвященные эколого-мелиоративным проблемам, возникающим в природно-технических системах под антропогенным влиянием, современным мелиоративным технологиям и техническим решениям по обеспечению безопасности мелиоративных систем, проблемам охраны водных объектов и рекультивации земель.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов сельскохозяйственного эколого-мелиоративного профиля, научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов.

ББК 40.76

ISBN978-5 0 07- 6- 3

© ФГБОУ ВО «РГАУ имени П. А. Костычева», 2017
© ФГБНУ «ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова», 2017
© ФГБОУ ВО «РГУ имени С. А. Есенина», 2017
© ФГБОУ ВО «РязГМУ имени И. П. Павлова», 2017
© Авторы статей, 2017

Слово о Якове Васильевиче Бочкареве, члене-корреспонденте РАСХН и НАН КР, академике МАЭП и РАВН, докторе наук, профессоре

Время неумолимо летит и часто стирает из памяти отдельные страницы прожитого, но остаются неизгладимыми интересные встречи с людьми, дискуссии и научные споры по многим проблемам нашего бытия.

Оглядываясь назад на 50 лет, можно отметить важные вехи в жизни, важные встречи с людьми, коллегами, которые переросли в десятилетия творческого содружества и человеческой дружбы. За 50 лет были сотни и тысячи интересных встреч в различных уголках Советского Союза и зарубежных странах. Перечень специалистов, с которыми приходилось обсуждать научные проблемы гидротехники и мелиорации, проводить научные споры и дискуссии, может занять многие страницы. Сегодня можно выделить среди многих отдельных личностей, которые сыграли определенную роль в творческом содружестве и помогли достичь положительных результатов в решении сложных научно-технических проблем и, самое главное, реализовать их в конкретных проектах. К таким специалистам по проблеме автоматизации следует отнести М. З. Ганкина, Я. В. Бочкарева, Э. Э. Маковского. Наши личные знакомства произошли в далеком 1966 году. В это время я работал в «Укрگیпрыводхозе». Здесь выполнялись крупные проекты: Северо-Крымский канал и орошение земель на его базе, Каховская оросительная система, Бортническая оросительная система, где впервые на площади 22 тыс. га использовались очищенные сточные воды г. Киева, и другие крупные системы.

Главным в то время был проект Каховской оросительной системы. Площадь орошения составляла 750 тыс. га (в первую очередь 260 тыс. га). Если учесть, что оросительные системы в Украине, как правило, охватывали 40–50 % земель хозяйств, то территория под Каховской оросительной системой составляла более 1500 млн га. Главная насосная станция имела производительность 530 м³/с забора воды с Каховского водохранилища на р. Днепр и поднимала воду на 25 м в магистральный канал. Надлежащего опыта управления водораспределением в таких масштабах у нас не было.

Главный инженер проекта, талантливый инженер Н. М. Матях искал правильные технические решения, учитывая отечественный и зарубежный опыт. В этот период «Укрگیпрыводхоз» выполнял проектирование объектов в Тунисской Республике, где в свое время были созданы интересные, частично автоматизированные оросительные системы французскими специалистами.

В 1964 году меня командировали работать по контракту в Тунис. Была возможность ознакомиться с работой оросительных систем, созданных французскими специалистами. Мы работали над проектом орошаемого массива Резала и имели возможность применить отдельные технические режимы, используя опыт французских коллег. Здесь мне удалось познакомиться с теми из них, кто еще оставался на объектах в Тунисе. Была возможность ознакомиться с работами французских фирм «Нейрпик», «Нертек», «Согриак», которые в то время уже имели большие успехи в создании автоматизированных систем.

По возвращению в Киев директор института «Укрگیпрыводхоз» Я. М. Кузнец, талантливый организатор, принимает решение создать в составе института подразделение по автоматизации мелиоративных систем. Мне было поручено сформировать коллектив, осуществить знакомство на местах с состоянием автоматизации сооружений и систем у нас в стране.

И вот мы с главным специалистом института А. М. Лившицем отправились в длительную поездку по Союзу: Ростов-на-Дону – Институт «Ожгіпрыводхоз» и «ЮжНИИ-ГиМ», Ташкент – Институт «Средазгіпрыводхлопок», «Узгіпрыводхоз» и САНИИРИ, Фрунзе – Институт автоматики АН Киргизской ССР, «Казгіпрыводхоз», Киргизский сельскохозяйственный институт, Алма-Ата – «Казгіпрыводхоз» и, наконец, Москва – «Гіпрыводхоз», ВНИИГиМ и Московский институт инженеров водного хозяйства. В этой более чем месячной поездке происходили встречи с ведущими специалистами Советского Союза, которые занимались созданием автоматических устройств и систем управления автоматизированным водораспределением и поливом, созданием новых подходов в мелиорации.

Следует вспомнить встречи с М. З. Ганкиным, Я. В. Бочкаревым, Э. Э. Маковским, И. Б. Хамадовым, А. К. Артамоновым, В. В. Пославским, Б. Г. Штепой, Б. Б. Шумаковым, В. Б. Зайцевым, Д. П. Зузыком и многими другими. Большой интерес для нас представляло общение по вопросам автоматизации с М. З. Ганкиным, Я. В. Бочкаревым и Э. Э. Маковским. На то время каждый из них уже имел свои школы и, главное, множество инженерных разработок.

Изучив отечественный и в какой-то степени зарубежный опыт, мы сформировали концепцию автоматизации оросительных систем применительно к создаваемым объектам в Украине, которые рождались в «Укркипробводхозе», и впервые в очередь Каховской оросительной системы. Главный инженер проекта Каховской оросительной системы Н. М. Матях и коллектив института «Укркипробводхоз» в целом поверил нам и доверил решение этой сложной проблемы.

Наши контакты с г. Фрунзе, столицей Киргизской ССР, стали постоянными. Во время научных дискуссий, а иногда споров, рождались технические решения, применимые к Каховской и другим оросительным системам, проектирование которых в то время осуществлял «Укркипробводхоз».

Взаимодействие со специалистами Института автоматики АН Киргизской ССР и Киргизским сельскохозяйственным институтом продолжало расти, стали регулярными поездки специалистов с обеих сторон. Столица Киргизской ССР стала известной в Союзе в области автоматизации мелиоративных систем, и, как результат, Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР принимает решение о создании Всесоюзного научно-исследовательского института автоматизации мелиоративных систем именно в этом городе. Задумка состояла в том, чтобы специалисты Института автоматики АН Киргизской ССР, которые заняты проблематикой автоматизации мелиоративных систем, влились в новый Всесоюзный институт. Но этого не произошло, и в г. Фрунзе стали работать по этой сложной проблеме три научных коллектива, которые дополняли друг друга.

Практическим полигоном по автоматизации мелиоративных систем в крупном масштабе была наша Каховская оросительная система, на которой проходило опробование и внедрение всего нового, что разрабатывалось в Союзе. Институт «Укркипробводхоз» стал известен в стране как научное учреждение, реализующее в проектах все достижения науки и техники СССР. Это не только автоматизация систем, но и новые конструкции систем с каскадным регулированием, закрытые оросительные системы с автоматическим поливом и управлением, современные конструкции закрытых систем и насосных станций, новые решения противозагрязнительными облицовкам крупных каналов и т. д.

Важным событием для дела автоматизации мелиоративных систем стал в 1967 году Всесоюзный семинар по автоматизации и телемеханизации ирригационных систем, который проводился Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР. В его работе принимали участие Президент ВАСХНИЛ П. П. Лобанов, заместитель Председателя Совета Министров СССР З. Н. Нуриев, ответственные работники ЦК КПСС, министерств, научных и проектных организаций. Вел заседание министр мелиорации и водного хозяйства СССР Е. Е. Алексеевский. По его инициативе на пленарном заседании был озвучен наш с главным инженером проекта Н. М. Митяхом доклад об автоматизации Каховской оросительной системы, что было продиктовано участием министра при утверждении этого проекта. С учетом его колоссальной стоимости утверждение происходило на заседании Совмина. Утверждал проект председатель Совета Министров СССР А. Н. Косыгин. В проекте были заложены наши принципы и техническое решение по автоматизации системы, и это произвело впечатление на экспертов, с которыми приходилось неоднократно встречаться и доказывать правильность принятых решений. И, несмотря на увеличение стоимости проекта, нам удалось это доказать. В итоге мы имели положительное заключение экспертизы. Все это знал Е. Е. Алексеевский и предложил ознакомить с этим решением участников семинара.

После моего выступления ведущие специалисты по автоматизации мелиоративных систем неоднозначно отнеслись к принятым решениям, объясняя это недостаточной изученностью отдельных научных решений и отсутствием практической проверки на конкретных

объектах. Но главные корифеи в этой проблеме М. З. Ганкин, Я. В. Бочкарев, Э. Э. Маковский активно поддержали наши решения, заложенные в проект автоматизации Каховской оросительной системы. После этого наши контакты стали еще более тесными.

В этом же году мы осуществили, впервые в Советском Союзе, на конкретной системе Северо-Крымского канала в Джанкойском районе автоматизированное каскадное регулирование. Комиссия Минводхоза СССР положительно оценила это решение.

Это был успех творческого сотрудничества специалистов, которые занимались автоматизацией мелиоративных систем в стране. В работе комиссии принимал участие Э. Э. Маковский и представители Минводхоза СССР.

Исследования на этом участке, а в последующем на Фрунзенской оросительной системе в Днепропетровской области, дали возможность подтвердить и уточнить отдельные теоретические решения по Каховской оросительной системе.

Наша команда активно изучала не только отечественный опыт, но и зарубежный, особенно Франции и США.

Важным событием ознаменовался 1975 год – тогда в Москве проходил Международный конгресс Международной комиссии по ирригации и дренажу. Мне была предоставлена возможность выступить с докладом об автоматизации Каховской оросительной системы. Это было важно, так как после конгресса были организованы три технических ознакомительных тура для участников на объекты Советского Союза. Один из туров включал Каховскую оросительную систему и системы Северо-Крымского канала. Французские специалисты, участвовавшие в работе конгресса, положительно оценили наши технические решения, реализуемые на Каховской оросительной системе.

К тому времени нами в «Укрग्रипроводхозе» были разработаны «Временные указания по проектированию автоматизации водораспределения на оросительных системах» (1973 год – авторы П. И. Коваленко, А. М. Лившиц). В составлении документа и особенно его совершенствовании принимали участие специалисты из Москвы, Ташкента, Фрунзе. Это дало возможность в 1974 году утвердить «Руководство...» в Минводхозе СССР для применения проектными организациями страны.

Хотелось бы вспомнить интересный момент, который произошел в 1974 году с моей докторской диссертацией. Я работал в это время заместителем главного инженера Института «Укрग्रипроводхоз» и начальником отдела автоматизации и типового проектирования, активно проводил исследования на конкретных объектах Украины, где реализовал свои идеи и разработки. Продолжался контакт со многими специалистами страны и, как результат, была подготовлена докторская диссертация «Принципы проектирования и методы расчета межхозяйственной автоматизированной мелиоративной сети равнинных территорий (на примере Украинской ССР)». Первый вариант диссертации был очень объемным, так как хотелось включить все результаты многочисленных исследований и разработок, защищенных авторскими свидетельствами.

Рамки докторской диссертации не вмещали объемный материал. И здесь на помощь мне пришел Я. В. Бочкарев, который был в очередной командировке в Киеве. Он любезно согласился посмотреть подготовленную мной докторскую диссертацию. Через три дня он предложил многие, на мой взгляд, ценные материалы, убрать. Я согласился. Работа приобрела большую стройность. Я благодарен Якову Васильевичу, хотя никакой докторантуры я не проходил, и прикрепление к какой-либо научной организации не было. В своей работе я назвал консультантом Якова Васильевича Бочкарева. Это был творческий результат наших научных дискуссий, а иногда и споров, который рождался вместе с проектированием автоматизации систем, создаваемых в «Укрग्रипроводхозе». Наши разработки послужили появлению приказа по Минводхозу Украинской ССР о переходе на проектирование всех систем на принципах каскадного регулирования. Минводхоз Украинской ССР был пионером в этом плане.

Защита докторской диссертации состоялась в 1975 году в Московском институте инженеров водного хозяйства. Характерно, что ведущей организацией по моей докторской диссертации был Институт автоматизации АН Киргизской ССР (подписал заключение Э. Э. Маковский), один из оппонентов был работником ВНИИКАМС, мой однофамилец Б. Г. Коваленко. И это не-

удивительно, ведь наше научное сотрудничество со специалистами из г. Фрунзе с каждым годом расширялись.

Научные контакты с Я. В. Бочкаревым продолжались и после развала Советского Союза в рамках Российской академии сельскохозяйственных наук, членами которой мы были избраны. Так, 1993 году нами – Я. В. Бочкаревым, П. И. Коваленко, А. И. Сергеевым – было издано в издательстве «Колос» учебное пособие «Основы автоматизации и автоматизации гидромелиоративных систем» для студентов учебных заведений по гидромелиоративной специальности, допущенное Главным управлением высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. В пособие были включены разработки, которые прошли практическую апробацию на мелиоративных системах.

Много добрых воспоминаний осталось о Якове Васильевиче Бочкареве, талантливым многогранным ученом в области мелиорации земель, гидротехнических сооружений и особенно автоматизации мелиоративных систем и сооружений. Он создал большую научную школу. Кто имел возможность работать с ним или поддерживать творческие контакты, гордятся этим.

Сегодня, работая над реконструкцией и модернизацией мелиоративных систем, часто обращаемся к научным работам корифеев – М. З. Ганкина, Я. В. Бочкарева, Э. Э. Маковского, В. И. Куротченко и многих-многих ученых, которые творили в нашей отрасли и создали основы автоматизации мелиоративных систем в стране.

В заключение следует сказать, что знания не имеют границ, не зависят от политики, они создаются для общего блага человечества, и мы должны всегда помнить об этом и о тех людях, которые создавали эти знания.

Академик Национальной академии аграрных наук Украины, член Российской академии сельскохозяйственных наук и Итальянской аграрной академии Georgofili, доктор технических наук, профессор П. И. КОВАЛЕНКО

1. СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МЕЛИОРАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 631.175: 631.8

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ УРОЖАЯ

А. П. Лихацевич,

Институт мелиорации, г. Минск, Республика Беларусь

Введение. Одной из главных предпосылок повышения эффективности растениеводства является оптимизация управления урожаеобразующими факторами (питанием растений, водным режимом, технологией возделывания и др.). Оптимизация выполняется, как правило, по данным полевого эксперимента, ограниченного во времени (чаще краткосрочного – в среднем 4–5 лет), в основу планирования которого изначально заложен принцип проб и ошибок. Традиционно в качестве оптимального варианта агрономического опыта, далее рекомендуемого для практического внедрения, выбирается тот, где в среднем за годы исследований получен биологически максимальный или наиболее экономически эффективный урожай. Не секрет, что в этом случае выводы носят частный характер и справедливы только для тех условий, в которых проведен опыт.

Для устранения ограниченности подобной традиционной методики обработки данных полевого опыта и с целью получения более обобщенных выводов в последнее время все чаще предпринимаются попытки использовать математическое моделирование разного уровня для анализа его результатов. Например, с точки зрения физики нарастания биомассы для математического описания процесса формирования урожая наиболее общим является теоретический подход, основанный на использовании законов сохранения энергии и вещества. Однако многолетний опыт показывает, что математическое описание взаимодействия растений с внешней средой, основанное на использовании физических законов сохранения массы и энергии, невозможно без осреднений, упрощений, допущений, ограничений. Кроме того, большие сложности возникают при доведении таких моделей до практической реализации, требующей идентификации входящих в расчетные формулы параметров по данным полевого эксперимента [1]. В конечном итоге точность расчетов по таким «теоретическим моделям» не может превысить точности результата, полученного с помощью грубой эмпирической аппроксимации.

Кроме того, практический опыт показывает, что математические модели как средство, облегчающее выработку лучших плановых решений (например, в растениеводстве), будут применяться на практике только в том случае, если внедрение их не связано с необходимостью введения трудоемких операций и не вызывает дополнительных трудностей в работе специалистов сельского хозяйства [2, с. 45]. Вероятно, именно поэтому до настоящего времени не получили практического завершения многочисленные предложения по разработке информационных систем, основанных на математическом моделировании влияния факторов среды на урожайность сельскохозяйственных культур [3–6 и др.].

Примеры эмпирического анализа данных многофакторного полевого эксперимента. При аналитической обработке данных многофакторных агрономических опытов, включающих в том числе варианты с орошением, чаще используются стандартные компьютерные программы «Excel», позволяющие без особых сложностей проводить обобщение полевого материала с помощью произвольно выбранных эмпирических формул. Эмпирический подход, например, успешно реализован при анализе результатов исследований, проведенных в 2005–2007 годы по разработке технологии возделывания огурца на орошаемых светлокаштановых почвах в Волгоградской области Российской Федерации [7]. В опыте контролировались два урожаеобразующих фактора – удобрения и влагообеспеченность культуры (табл. 1). С использованием электронных таблиц «Excel» по результатам данного опыта авто-

рами обоснована эмпирическая зависимость урожайности огурца от доз *NPК* и предполивных влагозапасов почвы в виде полинома второй степени

$$Y_{OG} = -a_2(NPK)^2 - b_2(W_{III})^2 + b_1(W_{III}) + c_1(NPK)(W_{III}) - a_0, \quad (1)$$

где Y_{OG} – урожайность огурца, ц/га; *NPК* – суммарная доза азота, фосфора и калия, вносимых под культуру, кг д.в./га; W_{III} – уровень предполивной влажности почвы, % от наименьшей влагоемкости (НВ); a_0, a_2, b_1, b_2, c_1 – эмпирические коэффициенты, численные значения которых автором подобраны таким образом, что при сравнении результатов расчета по (1) с опытными данными (табл. 1) коэффициент детерминации составил 0,93 [7].

Таблица 1. Влияние доз азотных, фосфорных, калийных удобрений и режима орошения на урожайность огурца, ц/га [7]

Варианты	NPК, кг д.в./га	W_{III} , % НВ	Годы		
			2005	2006	2007
N ₆₅ P ₄₀ K ₂₀	125	70	28,7	29,3	25,4
		80	33,1	34,7	27,2
		90	35,4	36,0	30,0
N ₁₀₅ P ₆₀ K ₄₀	205	70	33,4	34,1	30,3
		80	50,9	51,4	47,1
		90	55,7	56,8	49,8
N ₁₄₅ P ₈₀ K ₅₅	280	70	38,2	39,5	35,2
		80	59,4	61,2	56,7
		90	65,7	67,6	62,5

Подобный опыт был выполнен и с другой культурой. В 2005–2008 гг. в Волгоградской области проведены полевые исследования, целью которых являлось совершенствование агротехники выращивания баклажанов на среднесуглинистых светло-каштановых почвах при капельном орошении (табл. 2) [8].

Таблица 2. Влияние доз азотных, фосфорных, калийных удобрений (кг д.в./га) и режима орошения (W_{III}) на урожайность баклажанов, ц/га

NPК	Условия возделывания			Урожайность			
	$\Sigma NPК$	<i>N</i>	W_{III} , %НВ	2005	2006	2007	2008
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₀	160	100	70	37,3	40,1	37,8	41,3
			80	39,6	48,4	44,6	50,2
			90	44,0	46,6	46,8	48,4
N ₁₈₀ P ₁₁₀ K ₂₀	310	180	70	44,9	50,4	52,9	54,3
			80	56,6	66,3	61,0	68,2
			90	58,0	65,1	61,4	66,9
N ₂₆₀ P ₁₆₀ K ₁₉₀	610	260	70	48,3	55,8	52,8	56,0
			80	62,5	70,8	71,6	73,4
			90	65,0	70,9	72,9	75,0

Авторы установили, что «...изменение урожайности баклажанов при возделывании в ранней культуре с использованием тоннельных укрытий подчиняется нелинейному закону и наиболее достоверно описывается уравнением регрессии следующей формы» [8]

$$Y_B = -a_0 + a_1N + \frac{b_1}{W_{III}} - a_2N^2 - \frac{b_2}{W_{III}^2} - \frac{cN}{W_{III}}, \quad (2)$$

где Y_B – урожайность баклажанов, т/га; *N* – доза внесения азота, кг д.в./га; $a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, c$ – эмпирические коэффициенты, численные значения которых автором подобраны таким образом, что при сравнении результатов расчета по (2) с опытными данными (табл. 2) коэффициент детерминации составил 0,91.

Известны также результаты полевого опыта, проведенного в 2008–2010 гг. в тех же условиях с рассадным луком (табл. 3). С помощью регрессионного анализа авторы опыта вывели эмпирическую зависимость для рассадного лука [9]

$$Y_{\text{л}} = \frac{a_0 + a_1 N - a_2 N^2 - b_1 W_{\text{пш}}}{b_0 - a_3 N - b_3 W_{\text{пш}} + b_2 W_{\text{пш}}^2}, \quad (3)$$

где $Y_{\text{л}}$ – урожайность рассадного лука, т/га; $a_0, a_1, a_2, a_3, b_0, b_1, b_2, b_3$ – эмпирические коэффициенты, численные значения которых автором подобраны так, что при сравнении результатов расчета по (3) с данными опыта (табл. 3) коэффициент детерминации составил 0,89.

Таблица 3. Влияние доз азотных, фосфорных, калийных удобрений (кг д.в./га) и режима орошения ($W_{\text{пш}}$) на урожайность рассадного лука, ц/га

NPK	Условия возделывания			Урожайность			
	Σ NPK	N	$W_{\text{пш}}$, %НВ	2008	2009	2010	Среднее
N ₅₀ P ₃₅ K ₁₅	100	50	70	37,2	42,1	38,5	39,3
			80	40,3	44,2	43,1	42,5
			90	42,7	44,2	44,4	43,8
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₁₀₀	270	110	70	53,9	56,2	54,9	55,0
			80	58,7	63,9	61,9	61,5
			90	60,1	67,1	62,8	63,3
N ₁₇₀ P ₈₅ K ₁₉₀	445	170	70	56,2	62,0	59,2	59,1
			80	75,4	83,4	78,9	79,2
			90	77,1	84,7	80,1	80,6
N ₂₃₀ P ₁₁₀ K ₂₈₀	620	230	70	56,5	62,5	62,4	60,5
			80	82,4	95,6	93,4	90,5
			90	84,0	96,7	94,2	91,6

Заметим, что полученные с помощью «Excel» эмпирические формулы вида (1)–(3) иногда неправоммерно называют «математическими моделями», забывая, что при любом коэффициенте детерминации они не являются действительными моделями урожайности, поскольку, как справедливо указано в литературе [6], не имеют физического смысла, представляя собой лишь формальное сглаживание данных конкретного эксперимента. Обобщающие выводы, кроме подтверждения наличия взаимосвязи между рассматриваемыми величинами, по таким формулам сделать проблематично. Поэтому исследователи периодически пытаются делать следующий шаг в аналитической обработке результатов подобных опытов, обобщая их в виде некоей математической модели, позволяющей повысить общность и объективность выводов.

Простейшие методы и модели. Еще в 1973 году С. Ф. Аверьяновым и В. В. Шабановым в основе построения зависимости урожайности от любого фактора жизни растений предлагалось использовать дифференциальное уравнение вида [3]

$$\frac{dU}{d\varphi} = f[U(\varphi_{\text{opt}} - \varphi)], \quad (4)$$

где U – показатель жизнедеятельности растений; φ – значение рассматриваемого фактора влияния; φ_{opt} – его оптимальное значение, при котором показатель жизнедеятельности растений максимален.

Конечный урожай, по мнению авторов, можно получить, суммируя показатели жизнедеятельности растений (4) за весь период вегетации. В 1976 году было опубликовано методическое пособие [4], в котором предложено совместное влияние температуры воздуха и осадков на формирование урожая основных зерновых культур оценивать за весь вегетационный период с помощью формулы

$$S(T, R) = \frac{Y}{Y_{\text{max}}} = \frac{\sum_{j=1}^N \eta_j(T, R) \alpha_j}{\sum_{j=1}^N \alpha_j}, \quad (5)$$

где $S(T, R)$ – суммарный совместный коэффициент продуктивности за N периодов (фаз развития, месяцев) вегетационного цикла; Y – фактический урожай культуры; Y_{max} – максимальный урожай культуры, достижимый при оптимальном сочетании осадков и температуры воздуха; $\eta_j(T, R)$ – коэффициент продуктивности за j -й период; T – средняя за период температура воздуха; R – суммарное за период количество осадков; N – число периодов в вегетационном цикле; α_j – весовой коэффициент, учитывающий вклад j -го периода вегетационного цикла в урожайность.

Совместное влияние температуры воздуха и осадков на формирование урожайности в любой период вегетационного цикла оценивается как произведение соответствующих коэффициентов продуктивности [4]

$$\eta(T, R) = \exp \left[-b \left(\frac{T - T_{opt}}{10} \right)^2 \right] \left[\left(1 + \frac{R - R_{opt}}{R_{opt} - R_{min}} \right)^{b_1} \left(1 - \frac{R - R_{opt}}{R_{max} - R_{opt}} \right)^{b_2} \right], \quad (6)$$

где T_{opt} – оптимальная в данном периоде температура воздуха; R_{opt} – оптимальная в данном периоде сумма осадков; R_{min} – биологический минимум осадков; R_{max} – их максимум; b, b_1, b_2 – эмпирические параметры.

В методическом пособии [4] приводятся таблицы и номограммы, позволяющие определять значения параметров расчетных формул (5), (6) и коэффициенты продуктивности для озимой пшеницы, ярового ячменя, кукурузы раннеспелой, среднеспелой и позднеспелой, возделываемых в условиях Украины, а также рассмотрены конкретные примеры использования предложенной методики на практике.

В 1977 году опубликована модель формирования урожая, построенная на базе теории энерго- и массообмена растительного сообщества с окружающей средой. В основу модели, как пишет автор, «...положено известное соотношение между поглощением растениями углекислого газа из воздуха в процессе фотосинтеза и приростом общей биомассы» [5]

$$dy = kqdt, \quad (7)$$

где dy – приращение биомассы; k – отношение вновь образованного в растениях сухого вещества к поглощенному углекислому газу; q – интенсивность поглощения углекислого газа; dt – приращение времени.

Решение дифференциального уравнения (7) выполнено автором с применением многочисленных упрощений, эмпирических интерпретаций и допущений. В конце статьи он указывает: «...для использования предложенной модели в целях оперативного управления комплексом факторов жизни растений необходимо измерять температуру и влажность воздуха на высоте 0,5 и 2,0 м над растительным покровом, радиационный баланс, суммарную солнечную радиацию, поток тепла в почву, испарение с поверхности почвы, температуру и влажность почвы, содержание элементов питания в листьях» [5]. Ясно, что проведение подобных регулярных измерений в течение вегетации весьма трудоемко и в практических условиях нереально.

Известна также разработка 1977 года, в которой приведен общий вид зависимости, учитывающей как известные закономерности, так и гипотетические представления по взаимодействию конкретного растения с меняющимися условиями среды обитания в процессе роста. Общий ход нарастания массы растения устанавливался путем «...последовательного суммирования приростов во времени с итерацией значений внутри каждого расчетного интервала времени» [10]. Численная реализация модели была осуществлена для многолетних трав с учетом конкретной обстановки, складывающейся в течение 1962–1968 гг. на полях Минской болотной станции. Выполненные расчеты показали, что «...разработанная модель в основном правильно учитывает главные факторы внешней среды, формирующие урожай: ход поступления фотосинтетически активной радиации в период вегетации, динамику влажности почвы и температурный режим воздуха [10]. Однако в дальнейшем автор не развил свои идеи до практической реализации.

В 1990 году в справочном пособии [11] опубликована обобщающая формула, предназначенная для учета влияния факторов жизни растений на урожай

$$Y = Y_{max} \prod_{i=1}^n \left[1 - \left(1 - \frac{f_i}{f_{opt}} \right)^2 \right], \quad (8)$$

где n – число факторов, влияющих на урожай; $\frac{f_i}{f_{opt}}$ – относительная величина i -го фактора (отношение фактической его величины к оптимальной).

Применение уравнения (8) в практических расчетах не требует учета динамичности условий внешней среды. В вычислениях используются только средние значения урожаяобразующих факторов за вегетационный цикл (в формуле отсутствует фактор времени), что существенно упрощает прогноз ожидаемой урожайности по планируемым ресурсам, например, по вносимым удобрениям, или по почвенным влагозапасам, поддерживаемым с помощью орошения на заданном уровне. Но, несмотря на простоту модели (8) и последующие попытки ее обоснования и тиражирования [12–14 и др.], формула (8) до настоящего времени не используется при статистической обработке опытных данных по урожайности. Об этом свидетельствуют более поздние работы ученых-аграриев, прокомментированные в начале статьи.

Исследование влияния лимитирующих урожаяобразующих факторов на урожайность культур позволили также предложить подобную формулу, опубликованную в 1997 году [15]

$$Y = Y_{max} \exp \left[-4,5 \left(1 - \frac{f}{f_{opt}} \right)^2 \right]. \quad (9)$$

По утверждению автора [15], результаты расчета по (9) дают ошибку, не превышающую в среднем 3,6 %. Однако и это предложение не получило дальнейшего практического применения.

В 2007 году в «... качестве модели урожайности предложена упрощенная зависимость, в которой развитие растения задается через индекс листовой поверхности, высоту растения и глубину корнеобитаемого слоя как линейные по времени функции фазы развития растений» [16]. Расчет урожайности рекомендуется производить по обобщающей формуле

$$\frac{Y}{Y_{max}} = \prod_{j=1}^N \left[1 - k_{yj} \left(1 - \frac{E_j}{E_{max_j}} \right) \right], \quad (10)$$

где j – фаза развития растения; N – число фаз развития; k_{yj} – коэффициент, названный фактором урожайности в j -ю фазу развития; E_j – фактическое суммарное водопотребление в j -ю фазу развития; E_{max_j} – максимальное суммарное водопотребление в j -ю фазу развития.

В качестве основной причины упрощения исходной структуры модели до формулы (10) указано, что хотя и «... существуют более сложные и точные модели роста и развития растений... но более сложные модели требуют большего количества труднополучаемой исходной информации и иногда могут давать физически невозможные результаты» [16]. Этот вывод получен авторами (10) после детального анализа разработанных в последние годы моделей продукционного процесса как российского, так и зарубежного авторства.

Заметим, что результаты реализации модели (10) на конкретном участке, приведенные в литературе [16], показывают, что урожай стремится к нулю только при полной сработке почвенных влагозапасов, т. е.

$$\lim_{W \rightarrow 0} \frac{Y}{Y_{max}} = 0,$$

где W – влагозапасы, содержащиеся в почве.

Подобный результат противоречит давно установленной в опытах закономерности, определяющей нулевую урожайность при снижении почвенных влагозапасов до уровня так

называемой влажности завядания, которая значительно выше нуля. Это говорит о том, что модель (10) имеет существенные ограничения в области определения. Кроме того, пользование линейным уравнением (10) подразумевает знание связей фактического и максимального суммарного водопотребления с пищевым и водным режимами, но форма этих зависимостей авторами не раскрывается, что исключает практическое использование модели.

Как видим, из известных моделей только пособие [4] и приведенные в нем формулы могут быть напрямую реализованы на практике путем громоздких вычислений (учета динамичности урожаеобразующих факторов в течение вегетации), что является труднопреодолимым барьером, тормозящим до настоящего времени моделирование урожайности на основе [4] и использование других подобных рекомендаций, учитывающих фактор времени.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что, хотя управление продукционным процессом, основанное на постоянном контроле динамики урожаеобразующих факторов, представляет научный интерес, однако в обозримой перспективе оно трудноосуществимо на практике по банальной причине сложности и невысокой точности динамического имитационного моделирования нарастания биомассы растений в процессе конкретной вегетации и определения ее связи с конечной урожайностью. Не случайно эмпирические формулы вида (1)–(3), (8) и (9) не содержат в своей структуре фактора времени, учитывая объективные сложности в управлении земледельческими технологиями на основе постоянного контроля динамики урожаеобразующих факторов.

На основании выполненного выше краткого обзора считаем, что выработку плановых и технологических решений в растениеводстве несравненно проще базировать не на теоретическом (под которым понимаются модели балансового типа), а на так называемом механистическом (объяснительном, структурном) моделировании [2, с. 45–57]. Подобные модели являются чем-то средним между основанными на физических законах сохранения и эмпирическими, использующими кибернетический метод «черного ящика». В свою очередь, в отличие от грубой эмпирики типа (1)–(3), не имеющей физической основы, структурные модели базируются на реальных, установленных опытным путем физических закономерностях, что приближает их к классу балансовых. По точности прогноза такие модели не уступают ни строгим теоретическим, ни эмпирическим, существенно превосходя последние по общности. В работах [2], [17] рассматриваются принципы структурного (механистического) моделирования в земледелии. Используем их для разработки структурной модели влияния факторов среды на урожайность.

Структурная модель урожая. Ограничим число учитываемых факторов среды. В качестве примера рассмотрим влияние только водного режима почвы на урожай (в условиях орошения) при фиксированном количестве потребляемой пищи. Прежде всего сформулируем постановку задачи в общем виде: *интенсивность накопления урожая является функцией потребления почвенной влаги, а потребляемая влага и количество потребляемой пищи также функционально связаны между собой и изменяются во времени.*

В соответствии с приведенной формулировкой основная зависимость будет включать три переменные (урожай, фактор времени, количество потребляемой растениями почвенной влаги) при фиксированном количестве потребляемой пищи. Представленный «портрет» взаимосвязи согласно методике системного анализа окружающей среды [17] можно выразить функцией

$$\left(\frac{\partial Y}{\partial t}\right)_F = \frac{dY}{dW} \left(\frac{\partial W}{\partial t}\right)_F, \quad (11)$$

где $\left(\frac{\partial Y}{\partial t}\right)_F$ – интенсивность нарастания урожая (во времени) при изменении потребления почвенной влаги и фиксированном количестве потребляемой пищи; $\frac{dY}{dW}$ – приращение нарастания урожая в зависимости от приращения потребления почвенной влаги; $\left(\frac{\partial W}{\partial t}\right)_F$ – интенсивность (изменение во времени) потребления растениями почвенной влаги при фиксированном

количестве потребляемой пищи; Y – ожидаемый урожай; t – фактор времени; F – потребляемая растениями пища; W – потребляемая растениями почвенная влага.

Поскольку растения накладывают двустороннее ограничение (по минимуму и максимуму) на наличие каждого фактора, упростим задачу и рассмотрим только восходящую, наиболее интересующую нас часть функции (11). Этот диапазон условий среды наиболее представлен, например, при направленном регулировании водного и пищевого режимов растений.

Определим структуру составных элементов уравнения (11) с использованием установленных в полевых опытах закономерностей. Прежде всего заметим, что в зависимостях формирования урожайности, приведенных в [3, 4] и в других работах, присутствует как основной аргумент отклонение фактического значения фактора среды (температуры воздуха, осадков и др.) от его оптимума, что подтверждает значимость величины данного отклонения в формировании урожая. Кроме использования этого отклонения, при построении зависимости будем опираться на установленные опытным путем факты [2–9]:

1) растения являются системой с памятью, т. е. прирост урожая в текущий момент времени зависит от условий его формирования в предыдущие периоды;

2) если условия среды находятся в оптимуме, то растения образуют максимум урожая;

3) с приближением условий среды к оптимуму интенсивность нарастания урожая замедляется;

4) интенсивность потребления почвенной влаги растениями возрастает с ускорением при повышении ее содержания сверх биологического минимума, при котором формирование урожая прекращается.

С учетом изложенного выраженные в частных производных зависимости в (11) могут быть представлены в виде простейших функций

$$\left(\frac{\partial Y}{\partial t}\right)_F = \frac{a_Y Y}{f_Y(t)} \left(\frac{W_{opt} - W}{W - W_{min}}\right), \quad (12)$$

$$\left(\frac{\partial W}{\partial t}\right)_F = \frac{a_W}{f_W(t)} (W - W_{min}), \quad (13)$$

где a_Y , a_W – весовые безразмерные коэффициенты, учитывающие вклад поглощаемой растениями влаги в образование и накопление урожая; $f_Y(t)$, $f_W(t)$ – функции времени; W_{opt} – оптимальные влагозапасы почвы, при которых в текущий момент времени формируется максимальный урожай; W – текущие влагозапасы почвы; W_{min} – биологический минимум почвенных влагозапасов, при которых формирование урожая прекращается.

Подставив выражения (12) и (13) в исходное уравнение (11), получим

$$\frac{dY}{dW} = Y \frac{a_Y f_W(t)}{a_W f_Y(t)} \frac{(W_{opt} - W)}{(W - W_{min})^2}. \quad (14)$$

Упростим функциональную зависимость (14), зафиксировав значения ее опорных показателей (оптимальных влагозапасов почвы, при которых в текущий момент времени формируется максимальный урожай, и биологического минимума почвенных влагозапасов, при которых формирование урожая прекращается) на уровне средних за вегетацию, тем самым исключив их зависимость от фактора времени.

Следующее допущение основано на том, что более 95 % поглощаемой растениями влаги расходуется на транспирацию, от которой зависит интенсивность формирования урожая [2, 16 и др.]. Исходя из наличия пропорциональной связи между транспирацией и урожайностью, можем записать

$$\frac{a_Y f_W(t)}{a_W f_Y(t)} \approx a, \quad (15)$$

где a – коэффициент пропорциональности.

С помощью равенства (15) из функции (14) исключается фактор времени, а структурная модель урожая приводится к простейшей форме

$$\frac{dY}{dW} = aY \frac{W_{opt} - W}{(W - W_{min})^2}. \quad (16)$$

Справедливость допущения (15), позволившего максимально упростить решение задачи (11), подтверждена данными полевых исследований (табл. 1–3). Можно сослаться на высокие статистические показатели достоверности, полученные для эмпирических формул типа (1)–(3), описывающих связь урожая с водным и пищевым режимами (регулируемыми условиями внешней среды) без учета фактора времени. Такой результат подтверждает реальную возможность в качестве основы для выработки лучших плановых и технологических решений в растениеводстве использовать интегральную структурную модель урожая вида (16), учитывающую только осредненные условия (например, по водному и пищевому режимам), создаваемые в течение вегетационного цикла.

Дифференциальное уравнение (16) имитирует связь конечного урожая с почвенными влагозапасами, поддерживаемыми путем орошения в заданном диапазоне при фиксированном количестве потребляемой растениями пищи. Решением этого уравнения будет функция

$$\frac{Y_W}{Y_{maxW}} = \left(\frac{W_{opt} - W_{min}}{W - W_{min}} \right)^a \exp \left(-a \frac{W_{opt} - W}{W - W_{min}} \right), \quad (17)$$

где Y_W – урожай, получаемый при регулируемых влагозапасах почвы; Y_{maxW} – максимальный урожай, получаемый при оптимальных влагозапасах почвы.

Из (11) можно также получить упрощенный вариант структурной модели, допуская, что в окрестности оптимальных влагозапасов почвы справедливо равенство

$$\left(\frac{\partial W}{\partial t} \right)_F = \frac{a_W}{f_Y(t)} (W_{opt} - W_{min}). \quad (18)$$

Согласно (18) уравнение, имитирующее связь конечного урожая с некими осредненными за вегетационный период влагозапасами почвы при фиксированном количестве потребляемой растениями пищи, примет форму

$$\frac{dY}{dW} = aY \frac{W_{opt} - W}{(W_{opt} - W_{min})^2}. \quad (19)$$

Решением (19) будет функция

$$\frac{Y_W}{Y_{maxW}} = \exp \left[-\frac{a}{2} \left(\frac{W_{opt} - W}{W_{opt} - W_{min}} \right)^2 \right]. \quad (20)$$

Еще более простое расчетное уравнение можно получить в области, близкой к максимальному урожаю, когда

$$\left(\frac{\partial Y}{\partial t} \right)_F = \frac{a_Y Y_{max}}{f_Y(t)} \left(\frac{W_{opt} - W}{W_{opt} - W_{min}} \right). \quad (21)$$

В этом случае

$$\frac{dY}{dW} = aY_{max} \frac{W_{opt} - W}{(W_{opt} - W_{min})^2}. \quad (22)$$

Следовательно, в области, близкой к максимальному урожаю, допустимо использование зависимости

$$\frac{Y_W}{Y_{maxW}} = 1 - \frac{a}{2} \left(\frac{W_{opt} - W}{W_{opt} - W_{min}} \right)^2. \quad (23)$$

Приведенные доводы можно повторить, зафиксировав на постоянном уровне потребление почвенной влаги и приняв, что интенсивность накопления урожая является функцией потребления пищи, а потребляемая пища и количество потребляемой влаги также функционально связаны между собой и изменяются во времени. Тогда справедливо соотношение

$$\left(\frac{\partial Y}{\partial t}\right)_W = \frac{dY}{dF} \left(\frac{\partial F}{\partial t}\right)_W. \quad (24)$$

где F – поступление элементов питания в растения.

При раскрытии уравнения (24) учтем следующую закономерность: интенсивность потребления растениями питательных веществ прямо пропорциональна их содержанию в почве сверх биологического минимума, при котором формирование урожая прекращается. Тогда с соблюдением размерностей выражения частных производных в (24) могут быть представлены простейшими функциями

$$\left(\frac{\partial Y}{\partial t}\right)_W = \frac{b_Y Y}{f_Y(t)} \left(\frac{F_{opt} - F}{F_{opt} - F_{min}}\right), \quad (25)$$

$$\left(\frac{\partial F}{\partial t}\right)_W = \frac{b_F}{f_F(t)} (F - F_{min}), \quad (26)$$

где b_Y , b_F – весовые коэффициенты, учитывающие вклад поглощаемых растениями питательных веществ в образование и накопление урожая; $f_Y(t)$, $f_F(t)$ – функции времени; F_{opt} – оптимальный уровень питания, при котором формируется максимальный урожай; F – фактический уровень питания растений; F_{min} – биологический минимум пищевого режима, при котором формирование урожая прекращается.

С помощью равенства, подобного (15), из функции (24) исключается фактор времени, а структурная модель урожая приводится к простейшей форме

$$\frac{dY}{dW} = bY \frac{F_{opt} - F}{(F_{opt} - F_{min})(F - F_{min})}. \quad (27)$$

Не будем повторять дальнейший вывод расчетных формул, который идентичен предыдущему, а приведем лишь конечный результат

$$\frac{Y_F}{Y_{maxF}} = \left(\frac{F - F_{min}}{F_{opt} - F_{min}}\right)^b \exp\left(b \frac{F_{opt} - F}{F_{opt} - F_{min}}\right), \quad (28)$$

где Y_F – урожай, получаемый при фактическом уровне питания растений; Y_{maxF} – максимальный урожай, получаемый при оптимальном уровне питания растений.

Обобщим совместное влияние двух урожаяобразующих факторов (пищевого и водного режимов) на урожайность в одной расчетной формуле

$$\frac{Y}{Y_{max}} = \left[\left(\frac{F - F_{min}}{F_{opt} - F_{min}}\right)^b \left(\frac{W_{opt} - W_{min}}{W - W_{min}}\right)^a\right] \exp\left[b \left(\frac{F_{opt} - F}{F_{opt} - F_{min}}\right) - a \left(\frac{W_{opt} - W}{W - W_{min}}\right)\right]. \quad (29)$$

Необходимо заметить, что фактический уровень питания растений суммирует все доступные растениям питательные вещества, не только вносимые с удобрениями, но и содержащиеся в почве (до внесения). Однако, когда наличие в почве доступных элементов питания растений значительно меньше, чем вносится с удобрениями, в расчетах можно учитывать только вносимые с удобрениями питательные вещества. Поэтому в отличие от биологического минимума содержания почвенной влаги, имеющего вполне реальное значение, отличное от нуля, биологический минимум пищевого режима, при котором формирование урожая прекращается, в частных решениях можно приравнять нулю.

Упрощенными решениями, близкими к (29) при равных коэффициентах пропорциональности ($b = a$), будут зависимости

$$\frac{Y}{Y_{max}} = \exp \left\{ -\frac{a}{2} \left[\left(1 - \frac{F}{F_{opt}} \right)^2 + \left(\frac{W_{opt} - W}{W_{opt} - W_{min}} \right)^2 \right] \right\}, \quad (30)$$

$$\frac{Y}{Y_{max}} = \left[1 - \frac{a}{2} \left(1 - \frac{F}{F_{opt}} \right)^2 \right] \left[1 - \frac{a}{2} \left(\frac{W_{opt} - W}{W_{opt} - W_{min}} \right)^2 \right], \quad (31)$$

Формула (31) аналогична выражению (8) при коэффициенте пропорциональности $a = 2$ и $W_{min} = 0$. Предварительные расчеты подтвердили, что в (31) коэффициент пропорциональности следует приравнять к двум, что еще более упрощает эту формулу. Однако в общей зависимости вида (8) нельзя принимать $W_{min} = 0$. Выше показано, что более точным обобщением будет другая форма расчетной зависимости

$$Y = Y_{max} \prod_{i=1}^n \left[1 - \left(\frac{f_{opt_i} - f_i}{f_{opt_i} - f_{min_i}} \right)^2 \right],$$

где n – число учитываемых факторов; f_i – величина i -го фактора; f_{opt_i} – оптимальное значение i -го фактора, при котором формируется максимальный урожай; f_{min_i} – биологический минимум i -го фактора, при котором формирование урожая прекращается.

Запишем в общем виде упрощенные расчетные формулы разработанной структурной модели урожая (модель влияния n факторов среды на урожайность культуры)

$$\frac{Y}{Y_{max}} = \exp \left[-\frac{a}{2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{opt_i} - f_i}{f_{opt_i} - f_{min_i}} \right)^2 \right], \quad (32)$$

$$\frac{Y}{Y_{max}} = \prod_{i=1}^n \left[1 - \left(\frac{f_{opt_i} - f_i}{f_{opt_i} - f_{min_i}} \right)^2 \right]. \quad (33)$$

Заметим, что области действия расчетных уравнений (32) и (33) при значении фактора, стремящемся к возможному минимальному значению, не совпадают. Для (32) при равенстве $f = f_{min}$ и при неизвестном значении коэффициента пропорциональности (a) будем иметь

$$\frac{Y_{min}}{Y_{max}} = \exp \left(-\frac{an}{2} \right), \quad (34)$$

В свою очередь, для (33) при $f = f_{min}$ получим $\frac{Y_{min}}{Y_{max}} = 0$.

Для объяснения причин установленного несоответствия учтем граничное условие (34). Используя его, можем записать для одного фактора

$$\frac{Y}{Y_{max}} = \exp \left[- \left(\ln \frac{Y_{min}}{Y_{max}} \right) \left(1 - \frac{f_{min}}{f_{opt}} \right)^2 \right]. \quad (35)$$

Уравнение (35) идентично формуле (9) при $Y_{min} = 0,0111 Y_{max}$. Последнее показывает, что выражение (9) не противоречит предложенной структурной модели, а является ее частным случаем.

Как видим, для практического применения предложенной модели (29) вместо 5–7 эмпирических коэффициентов достаточно знать только максимальную урожайность, получае-

ую по оптимальных условиях среды, оптимальные и минимально возможные для формирования урожая уровни питания и увлажнения растений, которые задают границы определения (диапазон применения) полученных выше расчетных зависимостей (30)–(33).

Результаты и обсуждение. Оценим результаты прокомментированных выше полевых опытов в сухостепной зоне Российской Федерации с огурцом, баклажаном и рассадным луком на основе предложенных упрощенных формул (32), (33) структурной модели урожайности. На рисунке 1а приведены статистические характеристики соответствия опытным данным урожайности огурца (табл. 1) и данным расчета по формуле (32), аппроксимирующей опытные точки при $Y_{max}=66$ ц/га; $NPK_{opt}=305$ кг д.в./га; $NPK_{min}=70$ кг д.в./га; $W_{opt}=89\%$ НВ; $W_{min}=62\%$ НВ. На рисунке 1б показаны аналогичные характеристики соответствия опытным точкам (табл. 1) аппроксимирующей их формулы (33) при $Y_{max}=70$ ц/га; $NPK_{opt}=390$ кг д.в./га; $NPK_{min}=5$ кг д.в./га; $W_{opt}=90\%$ НВ; $W_{min}=57\%$ НВ.

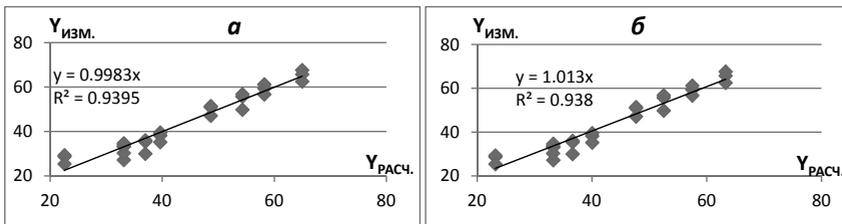


Рис. 1. Сравнение рассчитанных ($Y_{расч.}$) и полученных в полевом опыте ($Y_{изм.}$) [7] урожайностей огурца (ц/га): а – расчет по (32), б – расчет по (33)

Согласно графикам (рис. 1) данные опыта (табл. 1) и результаты расчета урожайности огурца по формулам (32) и (33) достаточно близки между собой ($R^2 \approx 0,94$).

Аналогичные выводы получены и при использовании формул (32) и (33) для расчета урожайности баклажанов (рис. 2) и рассадного лука (рис. 3).

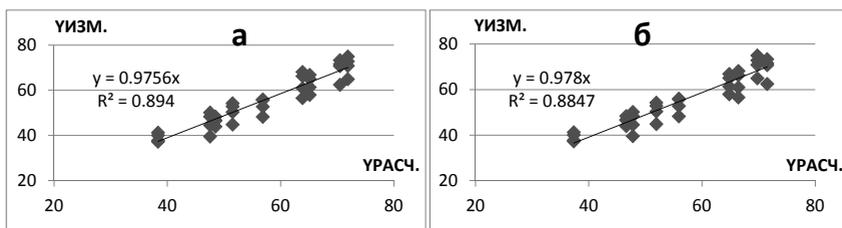


Рис. 2. Сравнение рассчитанных ($Y_{расч.}$) и полученных в полевом опыте ($Y_{изм.}$) [8] урожайности баклажанов (ц/га): а – расчет по (32), б – расчет по (33)

Установленные статистические характеристики на рисунке 2а соответствуют структурной модели урожайности баклажан (32) при $Y_{max}=73$ ц/га; $N_{opt}=260$ кг д.в./га; $N_{min}=0$ кг д.в./га; $W_{opt}=86\%$ НВ; $W_{min}=54\%$ НВ. На рисунке 2б показаны аналогичные характеристики соответствия опытным точкам (табл. 3) структурной модели урожайности лука (33) при $Y_{max}=73$ ц/га; $N_{opt}=250$ кг д.в./га; $NPK_{min}=0$ кг д.в./га; $W_{opt}=86\%$ НВ; $W_{min}=55\%$ НВ.

На рисунке 3а приведены статистические характеристики соответствия опытным точкам (табл. 3) результатам расчета по (32) при $Y_{max}=97$ ц/га; $N_{opt}=260$ кг д.в./га; $N_{min}=15$ кг д.в./га; $W_{opt}=87\%$ НВ; $W_{min}=58\%$ НВ. На рисунке 3б показаны аналогичные характеристики соответствия опытным точкам (табл. 3) структурной модели урожайности (33) при $Y_{max}=96$ ц/га; $N_{opt}=290$ кг д.в./га; $NPK_{min}=-45$ кг д.в./га; $W_{opt}=87\%$ НВ; $W_{min}=55\%$ НВ.

Заметим, что отрицательное значение ($NPK_{min}=-45$ кг д.в./га) является свидетельством того, что в расчете по (33) учтены элементы питания, содержащиеся в почве до внесения удобрений.

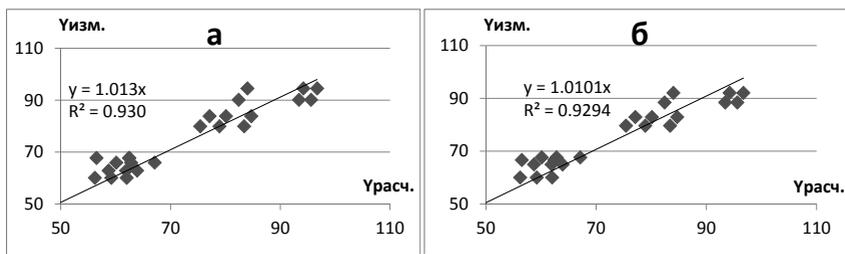


Рис. 3. Сравнение рассчитанных ($Y_{\text{расч.}}$) и полученных в полевом опыте ($Y_{\text{izm.}}$) [9] урожайностей рассадного лука (ц/га): а – расчет по (32), б – расчет по (33)

Как видим, коэффициенты детерминации при расчете урожая по формулам (32), (33) не ниже, чем у разного вида эмпирических формул, предложенных авторами полевых опытов [7–9], что убедительно подтверждает не только универсальность, но и достаточную точность предложенной структурной модели в ее упрощенных вариантах (32) и (33). Очевидно, что точность расчета закономерно повышается при увеличении количества контролируемых факторов среды.

Вместе с тем следует отметить, что в каждом конкретном случае область определения полученных упрощенных расчетных формул ограничивается только областью опытных точек, по которым устанавливались опорные показатели. Заметим также, что предложенный нами метод структурного моделирования урожайности возможно применять на практике только в том случае, если графики зависимости «урожаетобразующий фактор – урожайность», построенные по данным полевого опыта, имеют максимум урожайности при оптимальном значении фактора, например, при внесении оптимальной дозы удобрений (NPK_{opt} или N_{opt}). При превышении фактором оптимального значения урожайность стабилизируется и далее начинает снижаться. Достижение такого максимума зависит от схемы опыта. Если же в схеме опыта таких вариантов нет, то при построении структурной модели урожая возникают принципиальные трудности, связанные с невозможностью уверенного определения главного параметра модели – максимального урожая (Y_{max}). Поэтому при организации полевых исследований с целью оценки влияния урожаеобразующих факторов на урожайность сельскохозяйственных культур схема опыта обязательно должна учитывать требования структурной модели урожайности. Это позволит привести все результаты агрономических опытов к единой универсальной научно-обоснованной схеме, исключив метод проб и ошибок.

Выводы

1. Предложены уравнения структурной модели урожая, с достаточно высокой точностью аппроксимирующие зависимость урожайности культуры от любого числа урожаеобразующих факторов.
2. Обобщенная модель урожая, пригодная для анализа и дальнейших планирования и распределения ресурсов, должна базироваться на многофакторных полевых опытах, учитывающих, как минимум, два фактора – уровень питания и влагообеспеченность растений.
3. Схема любого опыта в орошаемом земледелии, имеющего целью установление зависимости урожая культуры от влагообеспеченности, пищевого режима и других факторов, должна обязательно включать варианты с заведомо высокими уровнями факторов – предположительных влагозапасов, доз удобрений и др., дополнительное повышение которых не ведет к повышению урожая в исследуемых условиях. Только в этом случае при обработке результатов опыта можно будет применить структурную модель урожая, пригодную для разработки рекомендаций по оптимизации распределения ресурсов и для уверенного планирования (программирования) урожайности.

Литература

1. Вахонин Н. К. Моделирование урожая в системе точного земледелия // Мелиорация. – 2015. – № 1 (73). – С. 131-136.

2. Образцов А. С. Системный подход: применение в земледелии. – М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.
3. Аверьянов С. Ф., Шабанов В. В. Некоторые математические модели системы «растение – среда» // Физическое и математическое моделирование в мелиорации. – М.: Колос, 1973. – С. 293–295.
4. Дмитренко В. П. Оценка влияния температуры воздуха и осадков на формирование урожая основных зерновых культур. : метод. пособие. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 49 с.
5. Афанасик Г. И. Моделирование процесса формирования урожая сельскохозяйственных культур // Мелиорация торфяников и их сельскохозяйственное использование. – Вып. 3. – Минск: БелНИИМВХ, 1977. – С. 122–127.
6. Вахонин Н. К. Концептуальные основы моделирования урожайности в системе принятия решений по регулированию водного режима // Мелиорация. – 2014. – № 2 (72). – С. 7–15.
7. Акулинина М. А. Капельное орошение огурца в сухостепной зоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Волгоград, 2010. – 23 с.
8. Шенцева Е. В. Совершенствование агротехники выращивания баклажан при капельном орошении с использованием тоннельных укрытий для получения ранней продукции : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2012. – 23 с.
9. Богданенко М. П. Технология возделывания рассадного лука при капельном орошении в Нижнем Поволжье : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2012. – 24 с.
10. Закржевский П. И. Модель урожая и динамика факторов внешней среды // Мелиорация переувлажненных земель. – Т. XXV. – 1977. – С. 95–105.
11. Механизация полива : справочник / Б. Г. Штепа, В. Ф. Носенко, Н. В. Винникова [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
12. Лихацевич А. П. Модель влияния регулируемых факторов окружающей среды на урожай сельскохозяйственных культур // Мелиорация переувлажненных земель. – 2004. – № 2 (52). – С. 123–143.
13. Лихацевич А. П., Карнаухов В. Н. Модель динамики урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от изменчивости природно-климатических факторов // Мелиорация переувлажненных земель. – 2005. – № 2 (54). – С. 108–117.
14. Лихацевич А. П., Волкова Е. И. Влияние влаготеплообеспеченности на урожайность сельскохозяйственных культур (на примере многолетних трав и ярового тритикале) // Мелиорация. – 2011. – № 2 (66). – С. 75–81.
15. Попов В. А. Математическое выражение закона лимитирующего фактора и его приложение к задачам мелиоративного земледелия // Мелиорация и водное хозяйство. – 1997. – № 2. – С. 30–34.
16. Ромко А. В. Обоснование водного и питательного режима мелиорируемых земель гумидной зоны с использованием интегрированной модели агрогеосистемы : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: ГНУ ВНИИГиМ, 2007. – 27 с.
17. Пэнгл Р. Г. Методы системного анализа окружающей среды. – М.: Мир, 1979. – 214 с.

УДК 631.6

К ВОПРОСУ ГЛАВНЫХ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ АПК

Ю. А. Мажайский, **Я. В. Бочкарев,**

ООО «Мещерский научно-технический центр», г. Рязань, Российская Федерация

Основы технической концепции, ее положения разработаны в соответствии с Федеральным законом «О мелиорации земель», Водным кодексом Российской Федерации, Указом Президента РФ «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию, основных положений Федеральной программы «Сохранение и восстановление плодородия почв». В связи с этим рассмотрены главные проблемы развития мелиорации земель в южной части Черноземной зоны Российской Федерации на примере Рязанской области.

В основу статьи взяты материалы, опубликованные Я. В. Бочкаревым в 2003 году в книге «Экологические аспекты мелиорации земель юга Нечерноземья» под названием «Основы научно-технической концепции, главные проблемы мелиорации земель и пути их решения» [1], которые дополнены с учетом современных требований.

В Рязанской области мелиорируемые агроландшафты представлены торфяно-болотными, минеральными и пойменными природными комплексами [2]. Площадь сельскохозяйственных угодий здесь составляет более 22 500 гектаров, из них почти треть требует мелиоративного улучшения. Особенно неблагоприятными в мелиоративном отношении являются северо-восточные районы (Клепиковский, Касимовский, Кадомский, Спасский и Ермишинский). Здесь отмечается наибольшая концентрация переувлажненных земель, а также засоренных лесокустарником. Для этих районов характерна большая раздробленность и разобщенность сельскохозяйственных угодий. Ценными в экономическо-хозяйственном плане являются земли Окской поймы и поймы малых рек. Здесь, в основном, в мелиоративном плане требуется организация создания культурных пастбищ и сенокосов, а следовательно, строительство новых оросительных систем, модернизация и ремонт старых.

Что касается серых лесных и черноземных почв, то для повышения их экономической эффективности необходимо расширение орошаемых площадей. При этом мелиорацию здесь следует проводить в несколько этапов. Прежде всего надо решить задачи быстрой окупаемости капитальных вложений на орошаемых землях и, добившись самоокупаемости и стабильной прибыли, начинать расширять площадь орошаемых земель, проводить экологическую защиту, информационное обеспечение процессов автоматизации, защиту земель от эрозии и др.

Таким образом, на первом этапе необходимо:

- сохранить и обеспечить эффективное использование существующих орошаемых земель с проведением реконструкции мелиоративных систем и необходимого ремонта их составляющих элементов. Это прежде всего касается земель, на которых выращиваются овощные культуры, а также используемых под культурные пастбища;
- средства, выделяемые на мелиорацию, должны направляться в первую очередь в крупные хозяйства, обеспечивающие быструю и высокую отдачу финансовых вложений в производство. Эти средства следует использовать на ремонтные и эксплуатационные работы, технологические операции, воспроизводство почвенного плодородия и экологическую защиту почв и растений.

Для рассматриваемой зоны с целью модернизации мелиоративных систем, разработки технологических оптимально-эффективных операции необходимо привлекать расположенные здесь научные организации (Мещерский филиал ВНИИГиМ и др.), их научные кадры.

Решив задачи первого этапа и получив быструю окупаемость капитальных вложений на мелиорируемых землях, рекомендуется приступить ко второму этапу – восстановлению и реконструкции мелиоративных систем до уровня их полной готовности. Дальнейший, третий этап сводится к расширению территории орошаемых земель, с учетом финансово-хозяйственного потенциала и обеспеченности региона водными ресурсами [3, 4].

Для достижения этих целей мелиоративная наука должна в процессе своего развития решать следующие задачи. В частности, такими задачами являются научное обеспечение, разработка и исследование методов и систем восстановления и реконструкции мелиоративных (главным образом, оросительных) систем и орошаемых площадей. При разработке, научном обосновании, исследовании и расчетном обосновании должно предусматриваться повышение коэффициента использования воды до 0,85 путем сокращения потерь на фильтрацию и холостые сбросы, сокращения оросительных норм за счет разрабатываемых и обоснованных водосберегающих технологий, новых технологий орошения, современной дождевальной техники. При этом научно обосновывают экологическую безопасность, нормативы и ограничения при использовании гидромелиоративных объектов и систем нового поколения.

В дальнейшей перспективе должны совершенствоваться конструкции многоцелевого использования оросительной сети путем:

- стабилизации водоподачи из каналов, водоемов и напорных трубопроводов;
- регулирования водоподачи, уровня воды в отводящих оросителях, водоучета использования опреснительного комплекса животноводческих стоков и утилизации дренажно-сбросных вод;
- реконструкции и разработки водооборота с замкнутым циклом и использованием сточных и обычных вод, с экологической защитой от техногенных загрязнений.

При решении этих задач должно обеспечиваться снижение энерго- и материалоемкости не менее чем на 10–15 %, водопотребления не ниже чем на 10–15 %, увеличение производительности труда на 20–25 %, повышение коэффициента земельного использования не менее чем на 5–8 %.

Путем автоматизации мелиоративных объектов и систем можно получить:

- дополнительную продукцию на мелиорируемых землях за счет выбора и стабилизации оптимальных условий агротехники сельскохозяйственных культур;
- экономии (в результате оперативного управления, оптимального перераспределения водных ресурсов и внедрения более прогрессивных технологий и систем);

Автоматизация также позволяет:

- обеспечить такие показатели качества технологического процесса в отношении оперативности, точности, надежности, экологичности и др., которых другими способами обеспечить невозможно;
- изменить конструкцию оросительной системы, например, ее можно устраивать по схеме «Магистральный канал (трубопровод) – поле», повышать коэффициенты земельного использования и полезного действия систем, сократить энергоресурсы, материалоемкость и др.;
- применять ресурсосберегающие технологии, например дискретную технологию полива, капельную и др.

В связи с этим можно выделить основные научные направления для региона:

- разработка, обоснование, исследование и расчет управления динамической системой «почва – вода – растения – атмосфера», а также управление технологическим процессом перераспределения транспорта и использования водных ресурсов;
- автоматизация водоучета на водохозяйственных системах (объекты водозабора, водораспределения и водоснабжения);
- автоматизация водозабора из рек, водохранилищ и водоемов; насосных станций, осуществляющих управление водными ресурсами, обеспечивающих оптимизацию управления расходами и запасами водных ресурсов;
- разработка, обоснование, исследования и расчет и усовершенствованных способов и средств капельного орошения;
- разработка, исследования и методики расчета средств гидроавтоматики: стабилизаторы расхода, совмещенные с водоучетом, затворы-автоматы уровня воды (в верхнем, нижнем бьефах и др.), средства очистки воды, подаваемые в дождевальные машины, капельницы и т. д.

Что касается исследований экологического обоснования агроландшафтов региона, методов и мероприятий стабилизации экологически обеспеченных мелиоративных комплексов, то исследования и экологическое обоснование должны выполняться с учетом особенностей исследуемых объектов [5]:

- водных, включая реки, бассейны, подземные водные ресурсы;
- земель в поймах рек;
- культурных орошаемых агроландшафтов, в том числе с учетом техногенно загрязненных земель;
- лесных бассейнов с учетом лесомелиоративных;
- подземных водных ресурсов;

В отношении осушительных мелиораций региона отметим, что обследование, проведенное ранее специалистами «Рязаньмелиоводхоза», показало, что большинство осушительных систем практически на всех объектах мелиорации требует ремонта или реконструкции.

Начиная с 1990 года по настоящее время в связи экологическим оздоровлением природного комплекса Мещерского Полесья и восстановлением обводненности его территории строительство осушительных систем больше не производится. Мелиорация здесь приняла эколого-агромелиоративное направление. В основном ведутся агромелиоративные работы по реконструкции ранее построенных мелиоративных осушительных систем и обеспечению эффективного плодородия мелиорируемых земель, а также по снижению антропогенного влияния на окружающую среду этого природного комплекса. В связи с этим необходимо ре-

гулярное проведение систематического обследования мелиорируемых земель с целью определения очередности ремонта и реконструкции объектов мелиорации. Для этого ВНИИГиМ совместно с Мещерским филиалом разработали номенклатуру оценочных показателей мелиоративного состояния осушенных земель, включающую критерии водного режима, технического состояния сооружений системы и уровня плодородия почв [6].

Мелиорация, решая задачу повышения продуктивности земельных угодий, может вызвать и ряд негативных явлений в природной среде, поэтому на стадии проектирования и строительства новых мелиоративных и реконструкции старых систем наряду с экономическими интересами должны учитываться экологические и природоохранные. В использовании болот (сельскохозяйственное, промышленное, экологическое) необходим экосистемный подход, поскольку при воздействии на любой фактор сложного болотного комплекса затрагивается и вся экосистема (болото, лес, природные водоемы, луга).

Охране подлежат все природные ресурсы, расположенные в пределах мелиоративной системы, в пограничной зоне и зонах ее влияния (вода, земля, растительность, животный мир, ландшафты, памятники истории и культуры). В этих целях в Мещерской низменности в 1992 году был создан Национальный парк «Мещерский» площадью 105 тыс. га. Он расположен на севере Рязанской области и охватывает: переувлажненные почвы, озера, болота, лесные массивы, долину р. Пра (приток Оки), а также систему верховых болот на водоразделе рек Пры и Солотчи, т. е. значительную часть природного комплекса, ранее созданного на территории Мещерской низменности, сегодня он находится в составе парка «Мещера» Владимирской области.

Деятельность Национального парка «Мещерский» в соответствии с планом его долгосрочного развития ориентирована на решение следующих основных задач: охрану дикой природы (сохранение видов и генетического разнообразия); проведение научных исследований и экологического мониторинга; развитие рекреации и туризма; изучение и сохранение культурного наследия и т. д.

Итак, обоснование, исследование и разработка вышеуказанных проблем мелиорации земель служат главными направлениями современных мелиораций в южной части Нечерноземной зоны РФ. Реконструкция осушительных и оросительных систем позволит повысить продуктивность мелиорируемых агроландшафтов и даст экономическую возможность расширения мелиорируемых площадей (особенно оросительных), а также создания автоматизированных мелиоративных комплексов, что повысит их коммерциализацию и экологическую устойчивость.

Литература

1. Бочкарев Я. В. Основы научно-технической концепции, главные проблемы мелиорации земель и пути их решения // Экологические аспекты мелиорации земель юга Нечерноземья. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – С. 4–10.
2. Виленский Д. Г. Систематическое описание почв Мещерской низменности // Исследования природных условий сельского хозяйства Мещерской низменности. – М.: Изд-во МГУ, 1961. – С. 29–35.
3. Голованов А. П., Пчелкин В. П. Увлажнение осушаемых земель // Мелиорация земель : учебник. – М.: Колос, 2001. – С. 495–504.
4. Маслов Б. С., Марчук Р. Н., Томин Ю. А. Эффективность и режим увлажнения сельскохозяйственных культур на торфяных почвах в засушливые годы : экспресс-информация. – Сер. 2. – Вып. 5. – М., 1973. – С. 8–11.
5. Томин Ю. А., Мажайский Ю. А., Евсенкин К. Н. Антропогенная деградация торфяных почв Мещерской низменности и мероприятия по повышению их экологической устойчивости // Эколого-экономическое обоснование мелиорации торфяно-болотных комплексов и технологии их рационального использования. – М.; Рязань, 2012. – С. 97–120.
6. Панадиади А. Д., Томин Ю. А., Пыленок П. И. Критерии оценки мелиоративного состояния осушенных земель // Информ. листок. Ряз. ЦНТИ. – 1986. – № 174.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ОБВОДНОМ ЧУЙСКОМ КАНАЛЕ-БЫСТРОТКЕ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Д. У. Алиев, Н. П. Лавров

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Российская Федерация*

Введение

Трансграничный с Казахстаном, Обводной Чуйский канал (ОЧК) расположен в Чуйской области Кыргызстана. ОЧК предназначен для обхода провальной зоны реки Чу и межгосударственного водораспределения. Канал-быстроток берет свое начало из реки Чу в Кеминском районе и снова впадает в нее на территории Чуйского района. На всей протяженности ОЧК проходит в железобетонном русле (прямоугольное сечение) с юга-востока на северо-запад, граница с городом Токмок. Максимальная пропускная способность в голове канала $Q_{max} = 75,0 \text{ м}^3/\text{с}$, протяженность 38,1 км. ОЧК является каналом ирригационного назначения, имеет ширину $b = 6 \text{ м}$, уклон дна $i = 0,012 \div 0,018$ и строительную высоту $H_{cnp} = 2,5 \text{ м}$, глубина воды в канале $h = 1,8 \div 2,2 \text{ м}$, скорости достигают $v_{max} = 8,0 \text{ м/с}$ [1]

Научный анализ распределительной схемы водных ресурсов бассейна реки Чу, выполненный Т. А. Исабековым [2], показал, что до настоящего времени недостаточно изучены являются различные виды комплексного использования вод бассейна этой реки, отсутствуют научно обоснованные подходы к созданию математических информационных моделей, при водораспределении не учитывается приоритет требований к воде в различных отраслях народного хозяйства. Решение этих проблем требует новых подходов к региональной политике совместного использования трансграничных рек, в том числе Чу.

Сегодня приобретают особую значимость вопросы, связанные с разработкой и внедрением в процессы управления межгосударственными водными объектами новых информационных технологий и программных комплексов, систем информационного обмена данными между государствами для разработки совместных планов по управлению водными ресурсами в бассейне. Необходимо прежде всего разработать научно-техническое обоснование, которое будет фундаментом для решения крупной народнохозяйственной проблемы – рационального и научно обоснованного межгосударственного вододеления [1, 2]

С 70-х годов XX века на ОЧК располагается двусторонний траншейный вододельитель, левый отвод которого подает воду в канал «Токмок» для орошения земель Чуйского района Кыргызской Республики, а правый отвод обеспечивает подачу воды в канал «Дачный» Курдайского района Республики Казахстан. Вододельитель не обеспечивает стабильную подачу воды в отводящие каналы и не оборудован защитным устройством от крупных фракций наносов. В связи с этим возникают следующие отрицательные последствия: 1) донная траншея вододельителя периодически забивается камнями; 2) отсутствует регулярная подача воды, что является важным фактором для канала межгосударственного назначения. Наряду с этим появилась необходимость в строительстве еще одного одностороннего вододельителя на ОЧК, в связи появлением новых водопотребителей в Ысык-Атинском районе Кыргызской Республики в виде фермерских хозяйств, которые отделились от бывших совхозов. Для решения этих проблем важны выбор и обоснование современных средств вододеления, способных выполнять перечисленные ниже основные технологические операции водораспределения.

1. Результаты проверки устойчивости бурного потока и вероятности образования катящихся волн

Для выявления возможности появления катящихся волн на ОЧК нами была проведена проверка устойчивости бурного потока по критерию Т. Г. Войнич-Сяноженцкого [5]:

$$\frac{1}{Fr} = \frac{g\omega}{V^2 B} \geq \alpha_0 \Pi^2 - \left(6,5\alpha_0 - 4,5 + \frac{3,2g}{C^2} \right) \Pi + 4\alpha_0 - 3 + \frac{2,5g}{C^2}$$

где C – коэффициент Шези; Π – формпараметр устойчивости; x^* – гидравлический показатель русла; α_0 – корректив количества движения Буссинеска; Fg – параметр Фруда.

Согласно Рекомендаций ВНИИГ [3] расчет устойчивости выполнялся при расходах воды, равных 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0* Q_{max} .

Определив нормальную глубину для каждого из этих расходов известными методами и проверив ее, подставив в формулу Шези, мы рассчитали следующие величины основных гидравлических характеристик потока при равномерном режиме (табл. 1).

Таблица 1. Основные гидравлические характеристики потока на канале-быстротоке ОЧК

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$h_0, \text{ м}$	$\chi_0, \text{ м}$	$\omega\omega, \text{ м}^2$	$Ro, \text{ м}$	$C_0, \text{ м}^{0,5}/\text{с}$	$V_0, \text{ м/с}$	$1/Fr_0$	Правая часть
15	0,74	7,48	4,46	1,68	50,40	3,36	0,646	0,370
30	1,20	8,40	7,23	1,16	46,85	4,15	-	-
45	1,54	9,08	9,24	0,98	45,29	4,87	-	-
60	1,83	9,67	11,00	0,88	44,29	5,45	-	-
75	2,08	10,16	12,5	0,81	43,61	6,0	-	-

Определив, что для расхода $0,2Q_{max} = 15,0 \text{ м}^3/\text{с}$ параметр Фруда для равномерного потока $Fg_0 = 1,55$, получаем, что левая часть критерия устойчивости потока равна $1/Fr_0 = 0,646$, а правая часть $0,370$. Так как $0,646 > 0,370$ – при этом расходе потеря устойчивости потока не прогнозируется, и катящихся волн в канале не будет. Следовательно, при больших по величине расходах вплоть до Q_{max} в быстротоке условие устойчивости будет соблюдаться автоматически, и при всех расходах воды прогнозируется бурный характер течения воды в ОЧК.

2. Основные требования и технологические операции при вододелении на каналах-быстротоках

Технологический процесс вододеления на быстротечном канале предполагает поступление воды в канал низшего порядка через преобразователь бурного потока в спокойный [4].

На водораспределительных сооружениях каналов с бурным и сверхбурным течением в основном используется принцип водоотбора путем деления потока в плане или по вертикали [1, 4].

Особенности каналов горно-предгорной зоны, к которым относится ОЧК, делают предпочтительным регулирование водораспределения по способу непосредственного отбора расходов воды. Технологическая схема водораспределения непосредственным отбором постоянных расходов экономичнее по сравнению с другими (по уровню, по объему), так как в ней отсутствуют перегораживающие сооружения и не требуется завышение дамб канала для создания резервов [4].

Водораспределительные сооружения на каналах-быстротоках в данном случае частично или полностью должны выполнять следующие технологические операции: водозабор из канала-быстротока, гашение избыточной энергии потока, водоподача, регулирование или стабилизация расхода в отводы. Водозабор осуществляется отсечением необходимой части объема воды из канала-быстротока в плане или чаще по вертикали [1]. Защита отводящих каналов от поступления твердых фракций так называемых путевых наносов не входит в функции вододелителей на быстротоках и при необходимости осуществляется устройством специальных камнеуловителей или пескогравелировок в виде донных траншей.

В условиях трансграничного вододеления применяется как схема пропорционального деления расхода канала-быстротока между потребителями, так и схема нормированной водоподачи заданного расхода воды каждому из потребителей. В случае дефицита оросительной воды наряду с пропорциональным вододелением может применяться технологическая схема вододеления по приоритету, например при необходимости подачи воды в рисовые системы. Важным свойством является также стабилизирующая способность вододелителей, т. е. их способность подавать неизменный расход в отвод независимо от изменения расхода в подводящем канале-быстротоке. Стабильная водоподача постоянного расхода существенно облегчает задачу водоучета и водопотребления на оросительных системах, что особенно

важно в условиях современного коммерческого водопользования в Центральной Азии. Таким образом, рассматриваемые типы водораспределительных сооружений должны обладать универсальностью и приспособленностью к каждому из перечисленных способов вододеления.

3. Анализ известных конструкций водораспределительных сооружений на каналах-быстротоках

В середине XX века проектным институтом «Грузгипроводхоз» [6] была разработана одна из первых конструкций водораспределителя для каналов с бурным течением (рис. 1, а). Затем были построены сооружения конструкции Б. Г. Руруа (рис. 1, б) и водовыпуск «Кыргызгипроводхоза» (рис. 1, в). Такие сооружения в настоящее время функционируют на каналах Туш и Кировский системы реки Ала-Арча в Кыргызской Республике. Также были предложены: водовыпуск конструкции КазНИИВХ (рис. 1, г); водовыпуск В. К. Микаеляна в АрмНИИВПИГ (рис. 1, д) [7] и донный водовыпуск П. И. Андреева, разработанный в КиргНИИВХ (рис. 1, е) [8].

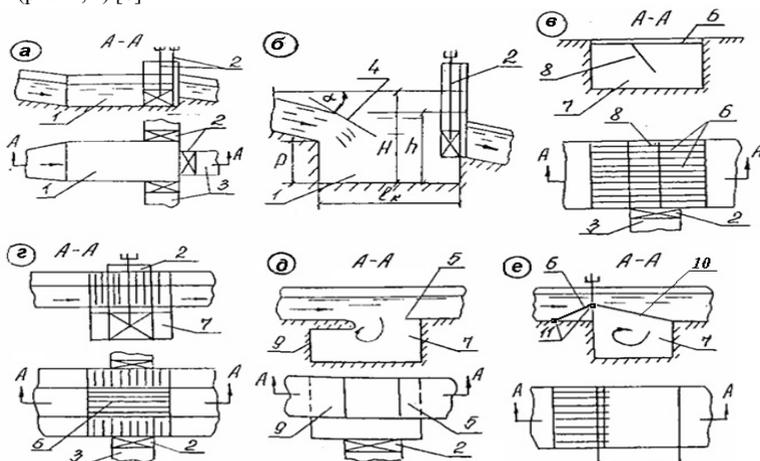


Рис. 1. Схемы конструкций водораспределительных сооружений для каналов с бурным режимом течения: 1 – колодец-гаситель; 2 – затвор; 3 – труба; 4 – диафрагма; 5 – козырек; 6 – решетка; 7 – прямоугольная галерея; 8 – разделительная стенка; 9 – плита; 10 – клапанный затвор; 11 – шарнир

У всех перечисленных конструкций используется донный (траншейный) принцип отбора воды, и есть свои недостатки. Общим недостатком является возникновение поверхностных возмущений при столкновении высокоскоростного потока с задней стенкой донного колодца 1 или прямоугольной галереи 7. При этом происходит увеличение глубины потока в канале-быстротоке над вододелителем, существенно ограничивающее пропускную способность канала. Кроме того, в отводящем канале возникает сбойность потока, вызванная неравномерным распределением удельных расходов и скоростей потока в донном колодце (траншее). Данных о стабилизирующей способности названных водораспределительных сооружений на быстротоках обнаружить не удалось.

Более приемлемым с точки зрения возможности применения в сложных гидравлических условиях на каналах горно-предгорной зоны является вододелитель конструкции ВНИИКАМС (рис. 2, а). Он также работает по принципу донного отбора потока. Работает вододелитель следующим образом: вода делится перегородками с козырьками на части, которые попадают в галереи и стремятся образовать винтообразное движение с горизонтальной осью вращения. Но благодаря наличию Г-образного козырька происходит некоторое вертикальное сжатие потока и трансформация винтового движения в поступательное перемещение водного потока без выплесков. При этом транзитный поток без гашения кинетической

энергии проходит по каналу, а расход воды в отводящих каналах регулируется головными затворами и практически не зависит от изменения расхода воды в магистральном канале. Сооружение, по данным авторов [9], может применяться на каналах до $50 \dots 60 \text{ м}^3/\text{с}$, с уклоном от 0,01 до 0,1 и подачей расходов воды в отводы потребителей от 0,01 до $5,0 \text{ м}^3/\text{с}$ из каждой камеры.

Недостатком сооружения является необходимость гидравлических перепадов величины до одного диаметра отводящей трубы и большие размеры колодца вододелителя и, следовательно, ширины входного оголовка отводящего канала. Кроме того, здесь сохраняется сбойность потока в начале отводящего канала из-за того, что в верхние по течению камеры вододелителя поступает больший расход воды, чем в нижние. Такая сбойность потока увеличивает его размывающую способность и является нежелательной в случае, если каналы второго порядка выполнены в грунтовом русле. Этот недостаток учтен при конструировании вододелителя сверхбурного (волнового) потока конструкции КРСУ (рис. 2, б).

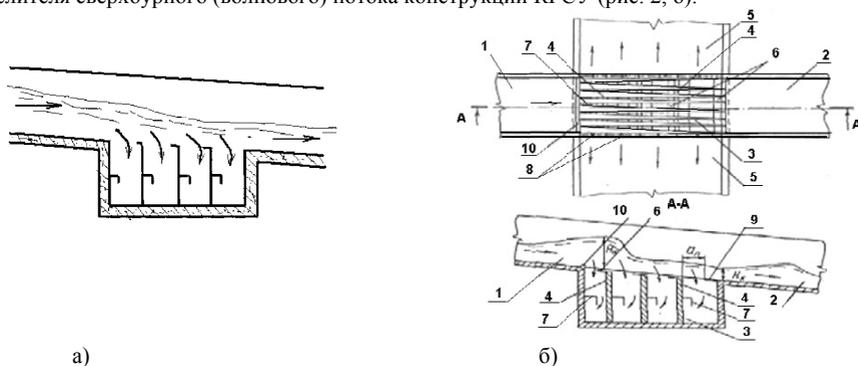


Рис. 2. Вододелители для каналов с бурным и сверхбурным течением: а – конструкции ВНИИКАМС (автор М. И. Голубенко); б – конструкции КРСУ (А.с. № 1654447)

Такой вододелитель выполняется в следующем виде: между подводящим 1 и транзитным 2 каналами размещен колодец 3, имеющий разделительные перегородки 4 с горизонтальными 6 и Г-образными козырьками 7. В стенках колодца 3 размещены плоские затворы 8, а над камерой к передней верхней кромке колодца 3 закреплена решетка 9 с треугольными вырезами с помощью шарнира 10.

Перевод потока из сверхбурного режима в подводящем канале 1 в спокойный в отводящем канале 5 достигается сочетанием действия решетчатой плиты 9 с увеличивающейся по направлению течения площадью отверстий между козырьками 6, расположенными на возрастающем по пути движения расстоянии друг от друга [8]. Недостаток вододелителя также заключается в сложной конструкции громоздкой решетчатой плиты с треугольными вырезами и необходимости установки затворов разных размеров на боковых отводах, имеющих увеличивающуюся по течению ширину пролетов [4, 5].

Эти недостатки устранены в усовершенствованной конструкции вододелителей для каналов с бурным течением (ВКБТ) (авторы Н. П. Лавров, Т. А. Исабеков). Двухсторонний вододелитель (рис. 3) включает размещенный между подводящим 1 и транзитным 2 каналами донный колодец 3 и отводящие каналы 5, разделенные плоскими затворами 9. Особенностью данного устройства является то, что размещенная в донном колодце разделительная перегородка 4 с отсекающими козырьками 7 на верхней передней грани и Г-образными козырьками 8 на внутренней стороне делит колодец на камеры 6 с возрастающей по течению площадью. Такое деление осуществляется за счет того, что разделительная перегородка установлена под углом β к продольной оси отводящего канала, величина которого функционально зависит от коэффициента водоотбора $\beta = f(\alpha_v)$, где коэффициент водоотбора α_v представляет собой отношение расхода воды, отбираемого в отвод $Q_{\text{отв}}$, к расходу воды в

подводящем канале Q. Донный колодец ВКБТ покрывается решеткой 11 (рис. 3, в) из продольных стержней 12, шарнирно 10 прикрепленной к верхней передней кромке колодца, причем стержни решетки имеют ромбовидное сечение и закреплены острием кверху, что уменьшает гидравлические сопротивления при обтекании их высокоскоростным потоком. Вододелитель может быть двусторонним (рис. 3, а) и односторонним (рис. 3, б).

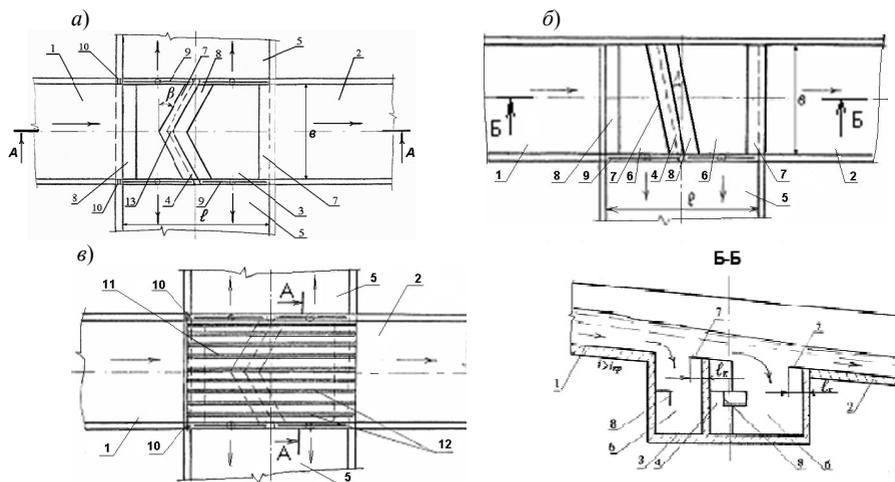


Рис. 3. Вододелители для каналов с бурным течением типа ВКБТ (Патент КР № 748):
а – двусторонний (без решетки); *б* – односторонний (без решетки);
в – двусторонний (с решеткой)

Существует также ряд вододелителей для сверхбурных потоков [4, 5], таких как упомянутый для примера вододелитель КРСУ (рис. 2,б), которые отличаются более сложной конструкцией. В рассматриваемом случае, когда на канале-быстротоке ОЧК не прогнозируется потеря устойчивости потока, необходимости в применении таких вододелителей нет.

Анализ существующих сооружений водораспределения на каналах-быстротоках показал, что основными недостатками большинства из них является сложность их конструкций и недостаточная эффективность в условиях высокоскоростных потоков. Например, рекомендуемые в некоторых источниках [4, 9] водораспределительные узлы со специальными гасителями энергии по сравнению с траншейными вододелителями занимают гораздо большую площадь и, следовательно, имеют больший объем затрат на строительство.

4. Выбор и обоснование конструкций водораспределительных сооружений на Обводном Чуйском канале-быстротоке

Выполненный анализ недостатков существующих конструкций сооружений для водораспределения бурного потока позволяет отдать предпочтение конструкции двухстороннего и одностороннего вододелителя типа ВКБТ (рис. 3). При этом рассматриваются варианты применения на ОЧК вододелителя как с однородной ромбовидной поверхностной решеткой (рис. 3, в), так и с асимметричной решеткой с разным зазором между прутьями или с разной толщиной прутьев (рис. 4, 5). Асимметричная решетка предпочтительна, когда отбираемые в отводы расходы воды заметно отличаются.

Рассматриваемый двухсторонний вододелитель конструкции СПБПУ – КРСУ [10] имеет две модификации решетчатой плиты: первая – с асимметричной решеткой из прутьев одинаковой ширины d с разным зазором b_1 между ними (рис. 4, а); вторая – с асимметричной решетчатой плитой с одинаковым зазором b и разной шириной d_1 прутьев решетки (рис. 4, б).



Рис. 4, а. Конструктивное исполнение донной решетки ВКБТ с разным зазором между одинаковыми прутьями решетки



Рис. 4, б. Решетка ВКБТ с продольными отверстиями одинаковой ширины, но с разной толщиной пластин (прутьев) решетки по патенту [10]

Порог входного оголовка отводящего канала с меньшим расходом водоотбора Q_2 расположен выше порога оголовка отводящего канала с большим расходом водоотбора Q_1 на высоту P , зависящую от соотношения $(Q_1/Q_2)^2$, и действующего напора H над донным отверстием бокового затвора 9 вододеливателя (рис. 3, в).

Данная конструкция вододеливателя рекомендуется для применения на межгосударственных каналах-быстротоках с высокоскоростным стационарным бурным течением при двухстороннем заборе воды сопредельными государствами и позволит обеспечить одновременную подачу воды двум соседним странам в соответствии с нормами водоподачи, определенными международными Соглашениями между ними.

Конструкция вододеливателя с асимметричной решеткой позволяет обеспечивать требуемые эксплуатационные свойства водораспределительного сооружения при меньшей стоимости его строительства за счет устройства одной симметричной перегородки в колодце вододеливателя. Двусторонний вододеливатель с асимметричной решеткой для каналов-быстротоков с бурным течением работает аналогично ВКБТ. Использование этой конструкции обеспечивает преобразование бурного потока на подводящем участке в спокойный поток в отводящих каналах без дополнительного устройства на объекте сооружения гасителей энергии потока.

Для проверки работоспособности предложенных вододеливателей на базе лаборатории ГТС кафедры ГТСиВР КРСУ были изготовлены модели вододеливателя с асимметричной решеткой (рис. 5, а) и асимметричной решетчатой плитой (рис. 5, б).

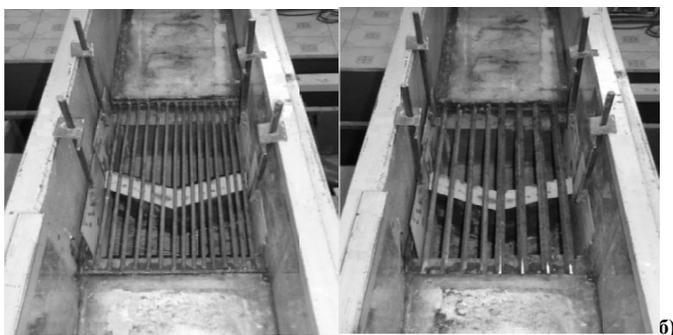


Рис. 5. Модели вододеливателя: а) с асимметричной решеткой с разным зазором между прутьями решетки; б) с асимметричной решетчатой плитой с продольными отверстиями одинаковой ширины, но с разной шириной пластин (прутьев) решетки

Описание результатов лабораторных гидравлических исследований нового типа вододеливателя будет дано в последующих публикациях.

Литература

1. Исабеков Т. А. Совершенствование управления водораспределением на объектах межгосударственного водопользования. – Бишкек: Кут-Бер, 2013. – 296 с.
2. Исабеков Т. А. Совершенствование управления водными ресурсами на объектах межгосударственного водопользования : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Бишкек: НАН КР, Ин-т водных проблем и гидроэнергетики, 2014. – 46 с.
3. Рекомендации по гидравлическому расчету водопропускных трактов безнапорных водосбросов на аэрацию и волнообразование. П 66-77/ ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – Л.: Энергия, 1979. – 51 с.
4. Бейшекеев К. К. Совершенствование водомерных и водораспределительных сооружений на каналах-быстротоках оросительных систем горно-предгорной зоны : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Бишкек: КРСУ, 2014. – 42 с.
5. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны : монография / под ред. Н. П. Лаврова. – Бишкек: Салам, 2009. – 504 с.
6. А.с. 120454 (СССР). Вододелитель для каналов с большим уклоном / Ш. С. Бобохидзе. – Опубл. в Б.И. – 1959. – № 14.
7. Микаелян В. Г. Водовыпуски для каналов с большими уклонами дна // Труды Арм. НИИВПиГ. – Ереван: Айастан, 1972. – Т. 2. – С. 365–373.
8. А.с. №351968 (СССР). Вододелитель для каналов с большими уклонами / П. И. Андреев. – Опубл. в Б.И. – 1972. – № 28.
9. Лавров Н. П. Совершенствование способов и средств управления сверхбурными потоками на ирригационных каналах-быстротоках : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Бишкек, 1995. – 51 с.
10. Патент КР № 1514, Вододелитель двусторонний для каналов с бурным течением / Н. П. Лавров, Т. А. Исабеков, О. В. Атаманова. МКП Е 02 В 13/00, (2012.01). – 2012. – Бюл. № 12. – 6 с.

УДК 626.824

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ПОВОРОТА БУРНОГО ПОТОКА НА ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ

О. В. Атаманова¹, Г. С. Аджыгулова²,

¹*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., Российская Федерация;*

²*Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика*

Территория Кыргызской Республики располагается главным образом в горной и предгорной зонах, поэтому для орошения сельскохозяйственных культур, выращиваемых на полях Кыргызстана с его аридным климатом, необходимо устройство оросительных каналов, имеющих достаточно большие уклоны дна. Гидромелиоративные системы страны имеют в своем составе большое количество каналов-быстротоков с уклонами дна больше критического. Такие открытые каналы чаще всего выполняются в бетоне. При этом поворотные в плане участки магистральных каналов проектируются по радиусу и имеют плавное очертание.

Поворотные участки распределительных открытых водоводов (каналов, лотков) чаще всего выполняются ломаными в плане для удобства огибания орошаемых полей прямоугольной формы. Проектирование и строительство таких сооружений для обеспечения резкого поворота в плане трассы канала-быстротока предъявляет особые требования к конструктивному исполнению поворотных сооружений на каналах с бурным течением.

Существующие поворотные сооружения на каналах-быстротоках имеют ряд серьезных недостатков, которые приводят к потерям оросительной воды и нарушению режимов эксплуатации. Основным недостатком существующих поворотных сооружений являются выплески воды через заднюю стенку отводящего канала при столкновении с ней бурного потока, а также неравномерность распределения потока по ширине отводящего канала при малых и средних расходах на выходе из поворотного сооружения, что приводит к выплескам воды за пределы сооружения, снижая его надежность. С целью исключения недостатков в работе и совершенствования конструкций поворотных сооружений на каналах-быстротоках

была разработана и запатентована усовершенствованная конструкция поворотного сооружения для каналов с бурным течением [1].

Предложенное поворотное сооружение для каналов с бурным течением включает размещенную между подводящим и отводящим каналами камеру, дно которой расположено ниже дна подводящего канала. Камера разделена на галереи стенкой с отсекающим козырьком в верхней части, направленным в сторону подводящего канала, при этом передние стенки галерей снабжены горизонтальными козырьками, закрепленными к средней части каждой из них, а дно подводящего канала перед камерой выполнено со скосом под острым углом к горизонту (рис. 1). При этом разделительная и задняя стенки отводящего канала на сооружении выполнены ломаными в плане из двух частей. Одна из частей каждой стенки параллельна оси отводящего канала, а вторая расположена в плане под углом 30° к разделительной стенке и под углом 45° к задней стенке отводящего канала. Поворотное сооружение для каналов с бурным течением предполагает исполнение дна камеры расположенным ниже дна отводящего канала на глубине $H_{\text{стр.кам.}} = 1,3H_{\text{отв.кам.}}$, где $H_{\text{стр.кам.}}$ – строительная глубина камеры.

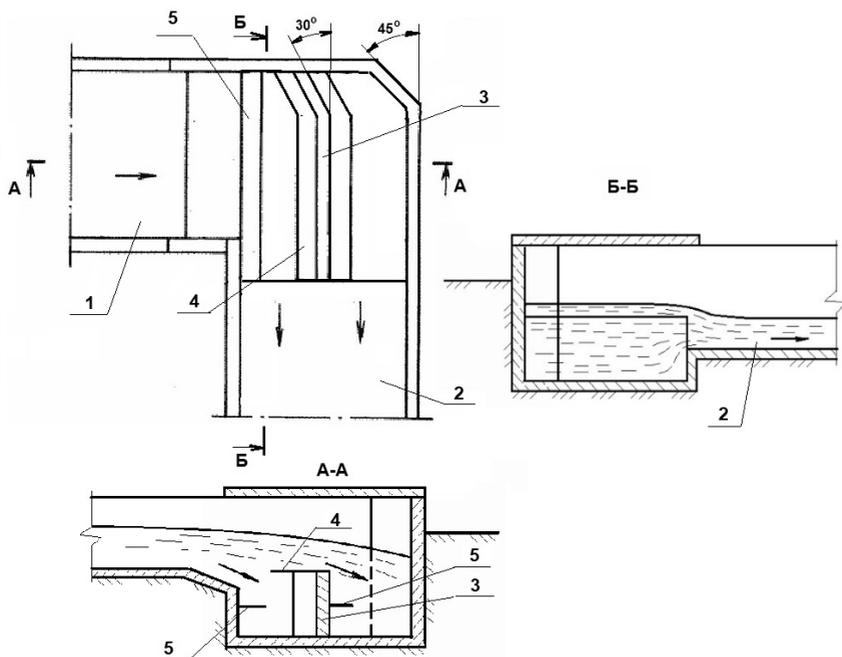


Рис. 1. Поворотное сооружение для каналов с бурным течением (горизонтальная плита, накрывающая сооружение, на плане не показана): 1 – подводящий канал; 2 – отводящий канал; 3 – стенка разделительная; 4 – отсекающий козырек; 5 – горизонтальный козырек

Поворотное сооружение для каналов с бурным течением работает следующим образом. Бурный поток, поступающий из подводящего канала 1 по наклонному участку к разделительной стенке 3, делится отсекающим козырьком 4 на две части – ближнюю и дальнюю. Дальняя часть бурного потока попадает в камеру поворотного сооружения ближе к задней стенке и, направляемая скосом под углом 45° задней стенки, поступает в отводящий канал 2. Ближняя часть потока, направляемая разделительной стенкой 3, поступает во внешний отсек камеры поворотного сооружения, и далее – в отводящий канал 2. Горизонтальные козырьки 5 позволяют переводить поток из бурного состояния в спокойное. Такое деление потока по

вертикали способствует равномерному истечению его в отводящий канал 2: ближней части потока – из внутренней галереи камеры сооружения, дальней части потока – из внешнего отсека. Накрывающая сооружение горизонтальная плита не допускает перелива воды через борт сооружения, увеличивая тем самым пропускную способность поворотного сооружения.

Такое конструктивное исполнение поворотного сооружения для каналов с бурным течением позволяет повысить равномерность истечения через сооружение в отводящий канал, исключая тем самым сбойность отводящего потока, увеличить пропускную способность поворотного сооружения и повысить его надежность за счет недопущения подмывов и просадки грунта у стенок канала, приводящих к разрушению поворотного сооружения.

Расчет предлагаемого поворотного сооружения сводится к определению его конструктивных и гидравлических параметров при заданных параметрах канала-быстротока.

Ширина подводящей и отводящей частей канала B определяется гидравлическим расчетом исходя из величины пропуска требуемого максимального расхода воды Q_{\max} :

$$B = \frac{Q_{\max}}{H \cdot C \sqrt{Ri}}, \quad (1)$$

где H – расчетная максимальная глубина воды в канале (на подводящем участке);

C – коэффициент Шези;

R – гидравлический радиус;

i – уклон дна канала.

Длина L наклонного подходного участка определяется из уравнения:

$$L = (0,3 \div 0,5)B. \quad (2)$$

Приращение глубины потока на сооружении [3] при повороте канала на угол 90^0 :

$$\Delta h_1^{90^0} = \frac{\sqrt{1+8Fr_1}}{2} - 0,5, \quad (3)$$

где Fr – параметр Фруда канала на подводящем участке.

Приращение глубины потока на сооружении при повороте канала на угол 45^0 :

$$\Delta h_1^{45^0} = \frac{\sqrt{1+4Fr_1}}{2} - 0,5. \quad (4)$$

Приращение глубины потока на сооружении при повороте канала на угол 30^0 :

$$\Delta h_1^{30^0} = \frac{\sqrt{1+2Fr_1}}{2} - 0,5. \quad (5)$$

Превышение дна отводящего канала над дном камеры:

$$H_{\text{стр.кам}} = 1,3H_{\text{отв.кам}}, \quad (6)$$

где $H_{\text{стр.кам}}$ – строительная глубина камеры.

Длина отсекающего козырька:

$$l_1 = (0,1 \div 0,2)B. \quad (7)$$

Длина горизонтальных козырьков:

$$l_2 = (0,05 \div 0,1)B. \quad (8)$$

Угол наклона подходного к камере участка дна канала определяются в зависимости от скорости потока на подходе к сооружению [4].

Выводы

1. Предложенная конструкция поворотного сооружения для каналов с бурным течением позволит повысить равномерность истечения через сооружение в отводящий канал, исключить сбойность отводящего потока и увеличить пропускную способность поворотного сооружения.

2. Предложенное исполнение поворотного сооружения для каналов-быстротоков позволит повысить надежность сооружения за счет недопущения подмывов и просадки грунта у стенок канала, приводящих к разрушению поворотного сооружения.

3. Для разработки детальной методики расчета поворотного сооружения [1] и дальнейшего внедрения его в производство необходимо проведение гидравлических модельных исследований конструкции.

Литература

1. Патент на полезную модель № 1956 КР МПК E02B 13/00. Поворотное сооружение для каналов с бурным течением / Г. С. Аджыгулова, О. В. Атаманова // БИ № 5. КРот 31.05.2017. – Заявка № 20160034.1 от 30.04.2016.
2. Совершенствование водораспределительных сооружений для ирригационных каналов-быстроходов с бурным течением / Н. П. Лавров [и др.] // Научный журнал Рос. НИИ проблем мелиорации. – 2016. – № 2 (22) – С. 192–211.
3. Аджыгулова Г. С., Атаманова О. В. Влияние величины угла поворота канала-быстрохода на глубину потока воды в канале // Роль инноваций в трансформации современной науки : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 1 июля 2016 г.) : в 2 ч. – Уфа: Аэтерна, 2016. – Ч. 2. – С. 44–46.
4. Атаманова О. В., Аджыгулова Г. С. Анализ поворотных сооружений на каналах-быстроходах горно-предгорной зоны // Вестник Ряз. гос. агротехнологического ун-та им. П.А. Костычева. – 2015. – № 4 (28). – С. 38–43.
5. Атаманова О. В., Аджыгулова Г. С. Новая конструкция поворотного сооружения для оросительных каналов с бурным течением // Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Ф. К. Абдразакова. – Саратов: СГАУ, 2016. – С. 32–35.

УДК 631.53.0273

ТЕХНОЛОГИЯ БИОАКТИВАЦИИ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Г. И. Еришова, В. Н. Родькина,

*Мещерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация*

Лазерное облучение семян сельскохозяйственных культур обеспечивает значительную прибавку урожая в диапазоне от 5 до 50 %. Для широкого применения этого метода инженерным центром «Луч» была разработана установка «ЛУАС-1», а Мещерским филиалом ВНИИГиМ проведены лабораторные, полевые опыты и опытно-производственная проверка технологии.

Установка «ЛУАС-1» имеет компактные размеры, состоит из лазерного генератора, устанавливаемого на штативе и блока питания, соединенных электрокабелем. Она обслуживается одним человеком и может перевозиться в легковом автомобиле, легко устанавливается в любой точке семенного хранилища.

Потребляемая мощность составляет 250 ватт за час непрерывной работы. Входное отверстие 220 В (50 Гц), выходная мощность 20 мВатт.

В качестве источника облучения используется медицинский гелий-неоновый лазер с излучением красного цвета длиной волны 633 нм. Семена облучаются в стационарном ворохе без перемещения их по хранилищу.

Принцип действия установки основан на сканировании лазерного луча в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что дает возможность облучать семена сельскохозяйственных культур на полу и стеллажах.

Режим установки регулируемый, поэтому можно устанавливать необходимую продолжительность облучения, которая составляет от 3 до 7 суток в зависимости от культуры. После облучения семян до их высева в почву должен пройти период покоя продолжительностью не менее 10 суток, в течение которого происходит энергетический обмен между облученным и необлученным материалом.

Максимальный эффект от облучения сохраняется 40 суток, положительный – более 3 месяцев, поэтому одна установка может провести не менее 7 циклов облучения в производственных условиях.

В лабораторных опытах установлено, что всходы облученных семян зерновых культур (озимая пшеница, овес, ячмень) появляются на 1–3 суток, а кукурузы на 2–5 суток раньше, чем необлученных. В полевых делячных опытах получена достоверная прибавка урожая картофеля сорта «Карат» – 9,4 %, овса сорта «Горизонт» – 15 %, ячменя сорта «Московский» – 10 %.

Технология предпосевного облучения семян сельскохозяйственных культур апробирована в четырех хозяйствах Рязанской области: АО «Макеевское» и ООО «Гюковское» Клепиковского района, ОПХ «Полково» и ЗАО «Московское» Рязанского района. Наблюдения показали, что всходы облученных клубней картофеля, семян зерновых и овощных культур появились раньше, чем необлученных, на 3–5 суток. Совокупный годовой экономический эффект составил 545 тысяч рублей. Внедрение новой технологии в СПК «Маяк» Спаского района обеспечило прибавку зерна ячменя на 22 %, при урожайности 45 ц/га, против 37 ц/га без облучения.

При облучении в хранилище вороха зерна прямому воздействию лазерного луча подвержен непосредственно верхний слой. Для оценки биорезонансного эффекта были проведены лабораторные опыты. Ворох семян овса «Горизонт» облучался лазерной установкой в течение 7 суток. На 3-и, 5-е и 7-е сутки с поверхности вороха, из зоны непосредственного контакта с лазерным лучом, отбирались пробы семян. Через 10 дней покоя, необходимых для энергетического обмена, проба семян была отобрана со дна вороха, где прямого контакта с лазерным лучом не было. Затем все пробы были испытаны на энергию прорастания и всхожесть по методике контрольно-семенных станций. Эффективность лазерного облучения овса «Горизонт» приведена в таблице.

Варианты опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Контроль, без облучения	78	96
3 суток облучения (семена с поверхности)	84	98
5 суток облучения (семена с поверхности)	81.5	98,5
7 суток облучения (семена с поверхности)	91	98,5
7 суток облучения (семена со дна вороха)	89	98

Данные таблицы показывают, что для овса наиболее эффективна продолжительность облучения 7 суток, при которой энергия прорастания увеличивается на 13 %, а всхожесть семян на 2,5 %, эффект биоэнергетического обмена между различными слоями семян сельскохозяйственных культур оценивается повышением энергии прорастания на 11 %.

Выполненные исследования и опытно-производственная проверка показали эффективность лазерной обработки посевного (посадочного) материала, что выражается в прибавке урожая от 7 до 22 %. Экспериментальная установка «ЛУАС-1» является высокотехнологичной и рекомендуется к широкому внедрению в производство.

Литература

1. Пыленок П. И., Евсенкин К. Н., Родькина В. Н. Отчет о внедрении научно-технической продукции «Усовершенствовать и внедрить технологию биоактивации семян сельскохозяйственных культур с применением лазерных установок» / Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии. – Рязань, 2000.
2. Пыленок П. И., Ершова Г. И., Сельмен В. Н. Усовершенствованная технология биоактивации семян сельскохозяйственных культур с применением лазерного облучения // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий. – Рязань: Бюро рекламы «Мила», 2004. – С. 213–216.

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЩЕРСКОГО ЛЕСОЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА И НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗВИТИЯ ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ

О. А. Захарова¹, К. Н. Евсенкин²,

¹Рязанский государственный аграрно-технологический университет им. П. А. Костычева, Российская Федерация;

²Мещерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Рязань, Российская Федерация

Рязанская область расположена в центре Европейской части России между Среднерусской и Приволжской возвышенностями. Площадь Рязанской области – 39,6 тыс. кв. км. Рязанская область простирается на 220 километров с севера на юг и на 260 километров с запада на восток. Область граничит на севере с Владимирской, на северо-востоке – с Нижегородской областью, на востоке – с Республикой Мордовия, на юго-востоке – с Пензенской областью, на юге – с Тамбовской и Липецкой, на западе – с Тульской и на северо-западе – с Московской областью [4].

Река Ока делит территорию области на две части: северную – лесную и южную, включающую зоны широколиственных лесов и лесостепи. Северная часть – пониженная (входит в Мещеру), высота над уровнем моря составляет 80–100 м. Реки области относятся главным образом к бассейну реки Оки, для них характерно высокое весеннее половодье [1].

Климат области умеренно-континентальный. Средняя температура января –10 °С, июля +20 °С. В год в среднем выпадает 500 мм осадков (25–30 % – в виде снега). Агроклиматические условия неоднородны, они изменяются как при продвижении с севера на юг, так и под влиянием рельефа, ландшафта, типа почвы и других природных и местных особенностей. К тому же погодные условия неустойчивы по годам. Вследствие почвенно-климатических условий лесистость Рязанской области неравномерна и в среднем составляет 23,7 %. По лесничествам она колеблется от 4,8 % в Рязском лесничестве до 70,3 % в Клепиковском лесничестве.

Общая площадь земель лесного фонда Рязанской области на 1 января 2013 г. составляла 875,3 тыс. га. В области находится уникальный экологически чистый лесной район Мещеры, расположенный на значительном удалении от крупных промышленных центров. Для его охраны созданы Окский биосферный заповедник, имеющий международное значение, и Национальный парк «Мещерский», который прекратил деятельность путем реорганизации в форме присоединения к Национальному парку «Мещера» в 2016 году.

Нами был проведен теоретический анализ древесной растительности одного из трех лесозономических районов – Мещерского, отличающегося от других преимущественно рекреационно-туристической деятельностью и шадящим лесопользованием. Основными видами использования лесов в данном районе являются следующие, расположенные по значимости:

рекреационная деятельность → заготовка древесины → разработка месторождений полезных ископаемых и др.

Площадь района – 261 861 га. Он включает Касимовское, Клепиковское, Нижне-Окское, Солотчинское, Спасское лесничества, общая площадь их составляет почти треть от площади лесного фонда Рязанского района. Площадь, покрытая лесной растительностью, в Мещерском лесозономическом районе составляет почти 84 %.

Около 41,5 га площади включают леса, расположенные на землях особо охраняемых природных территорий.

За последние пять лет общий прирост сместился в минусовую сторону и в общем по пяти лесничествам составил 58 тыс. м³. Специалисты Главного управления лесного хозяйства Рязанской области объясняют снижение прироста последствием пожаров 2010 года.

В Мещерском лесозономическом районе произрастают многие древесные породы.

Если до 2010 года преобладали хвойные породы, то в настоящее время площадь лесной растительности (в основном, сосна и ель) с преобладанием хвойных пород значительно уменьшилась: в Касимовском лесничестве на 1674 га, Клепиковском – на 1516, Нижне-Окском – на 1051, Солотчинском – на 4650 и Спасском – на 2187 га, что в сумме составляет более 11 тыс. га. При сравнении площади лесной растительности с преобладанием хвойных пород в рассматриваемом районе с общей по лесному фонду Рязанской области выявлено уменьшение на 26 %.

В Мещерском лесозономическом районе значительно снизилась за последние пять лет площадь, покрытая лесной растительностью, с преобладанием твердолиственных пород (в основном, дуб). Так, по нашим расчетам, изменения в меньшую сторону составили 30 %. Площадь, покрытая лесной растительностью, с преобладанием мягколиственных пород уменьшилась на 4708 га, что составляет в Рязанской области от общей площади, покрытой лесной растительностью, с преобладанием мягколиственных пород (в основном, береза, осина) почти 23 %.

Площадь несомкнувшихся лесных культур возросла. Доля погибших и поврежденных насаждений составила до 10 % в среднем.

Данная ситуация усугубляется и приостановкой мелиоративных преобразований в настоящее время. На наш взгляд, необходимо проведение лесомелиорации, которая подразумевает направленное изменение отдельных природных комплексов, главным образом, для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, достигаемое лесоводческими мероприятиями (лесонасаждением, изменением породного и возрастного состава древесно-кустарниковых растений, оптимизацией соотношения облесенных площадей с безлесными пространствами и т. п.) [3].

В целом, территория Рязанской области относится к зоне неустойчивого увлажнения. Учитывая климатические особенности региона, следует иметь в виду негативное влияние ливней, засух и суховеев на рост и развитие сельскохозяйственных культур [2].

Мещерский лесозономический район расположен в зоне избыточного увлажнения, в которой развиты заболоченность территорий, высокий уровень грунтовых вод и др. В 1960-х годах началось осушение земель Мещеры и продолжалось более 50 лет, однако в настоящее время осуществление мелиоративных мероприятий ограничено из-за экономических проблем. Поэтому выходом из сложившихся условий может быть, например, посадка транспирирующих растений, нуждающихся в больших количествах воды, а также выращивание защитных лесных насаждений для длительного и прочного улучшения природных условий, с целью повышения производительности сельхозугодий, ослабления процессов водной и ветровой эрозии почв, эффективного использования земель, улучшения водного режима местности.

Таким образом, в Мещерском лесозономическом районе необходимо проведение мероприятий по охране, защите, воспроизводству леса и разработке приемов лесомелиорации. В первую очередь все мероприятия должны быть основаны на сбалансированном развитии лесопользования по экономическим, экологическим и социальным параметрам.

Литература

1. Мажайский Ю. А., Захарова О. А., Однодушнова Ю. В. Экология леса. – Рязань, 2005. – 140 с.
2. Морозова Н. И., Мусаев Ф. А., Захарова О. А. Контроль качества сельскохозяйственной продукции и технические регламенты : монография. – Рязань ; Спасск, 2010. – 167 с.
3. Парамонов Е. Г., Симоненко А. П. Основы агролесомелиорации : учеб. пособие. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. – 224 с.
4. Оценка загрязнения мелиорируемого агроландшафта азотсодержащими веществами и методы их снижения : монография / Ф. А. Мусаев [и др.]. – Рязань, 2014. – 158 с.

ЭКОЛОГО-ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ РАЗНЫХ ВИДОВ ДРЕНАЖА НА ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ

И. В. Ковалев,

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Российская Федерация*

В Российской Федерации из 220,5 млн га сельхозугодий 20 % переувлажнены и заболочены, что резко снижает производство сельскохозяйственной продукции. Решением таких негативных последствий, особенно в зоне гумидных ландшафтов, является дренаж. На современном этапе развития науки необходимо создание дистанционного мониторинга осушенных земель России. Только наличие комплексной информации о свойствах и режимах естественных, осушенных почв и почв геохимически сопряженных ландшафтов позволит оценить целесообразность развития осушения на сельскохозяйственных землях России, выбрать оптимальный способ и метод осушения гидроморфных почв. Практически повсеместно в последние годы в практике осушения почв разных регионов применяется пластмассовый дренаж. Однако сведения о его длительном воздействии на эволюцию и функционирование почв в целом и серых лесных почв ополей в частности, а также на развитие ландшафтов и при использовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия весьма ограничены [1] или отсутствуют вовсе.

В зоне широколиственных лесов юга Нечерноземья России широко распространены серые лесные оглеенные почвы, образованные на бескарбонатных лессовидных суглинках со средней и низкой водопроницаемостью (K_f 0,1–0,3 м/сут). Они играют важную роль в земледелии этой зоны. Однако их сельскохозяйственное использование существенно осложнено систематически повторяющимся переувлажнением. Вместе с тем сведения, позволяющие раскрыть особенности их генезиса и развития в естественных условиях и после дренажа, все еще остаются весьма ограниченными или неизвестными вообще. Последнее затрудняет понимание их эволюции во вторичных мелиорируемых условиях; оценку продуктивности гидроморфных почв при различном использовании; диагностику почв; объективную оценку разных способов осушения. Применение бестраншейного пластмассового дренажа на почвах с K_f (0,1–0,3 м/сут) до настоящего времени остается дискуссионным. Такое состояние закрывает возможность широкого применения осушения бестраншейным пластмассовым дренажем. Настоящая работа посвящена решению этих актуальных в научном и прикладном отношениях вопросов почвоведения, практики мелиорации и земледелия в рассматриваемой зоне.

Целью работы является эколого-гидрологическая оценка изменений свойств и режимов светло-серых оглеенных почв под влиянием траншейного гончарного и бестраншейного пластмассового дренажа и исследования их эволюции в новых условиях, определяемых действием осушения.

Объект исследований

Исследования проведены в Ступинском районе Московской области на светло-серых лесных глееватых почвах Подольско-Коломенского ополья, сформированных на покровных лессовидных суглинках. Здесь осенью 1988 г. создан уникальный с точки зрения возможности осуществления режимных стационарных наблюдений экспериментально-мелиоративный полигон по проекту «Мосгипроводхоза». Впервые в практике мелиоративного осушения мы имеем возможность изучать изменение свойств и режимов почв по отношению к первому году действия дренажа на протяжении уже почти 30 лет. Исследования приурочены к фиксированным точкам наблюдений и проведены одними и теми же методами в разные годы обеспеченности осадками начиная с 1988 года. Параллельно используется и традиционный сравнительно-географический метод, то есть выбран эталонный почвенный ареал, где отсутствует осушение. Дренажные системы, площадью 2–4 га каждая, строились в 3-кратной повторности для каждого варианта опыта: 1-й – светло-серые лесные глееватые почвы, осу-

шенные пластмассовым дренажем с помощью дренаукладчика МД-4 на глубину 100–120 см и 2-й вариант – эти же почвы, осушенные гончарным дренажем с помощью дренаукладчика ЭТЦ-202 на ту же глубину с междренним расстоянием 16 м. Также рассматривались эколого-гидрологические условия, свойственные светло-серым лесным глубокооглееным и глееватым почвам с естественным водным режимом. Все исследованные почвы (неосушенные и осушенные) сформированы на близких или тождественных по гранулометрическому составу породах – крупнопылевато-иловатом покровном суглинке.

Методы

Свойства и режимы серых оглеенных и осушенных почв исследованы не только классическими, но и современными методами: определение пула лигниновых фенолов методом мягкого щелочного окисления органического вещества оксидом меди в азотной среде с последующим использованием хроматографии тонкого слоя [1], ^{13}C и ^{31}P -ЯМР-спектроскопия, модифицированная методика определения аминокислот, определение изотопного анализа углерода органического вещества и др. Важно отметить, что учет урожая проводили прямым комбайнированием по линиям, нормальным к дренам на учетных площадках (2–4 га). В них входила треть площади полигона с гончарным или пластмассовым дренажем, исключая влияние открытых каналов и дрена прилегающего полигона.

Результаты

Показано, что гидрологический режим серых лесных глубокооглеенных почв характеризуется наличием нижнего яруса верховодки после снеготаяния. Особенностью глееватых почв является наличие двухъярусной верховодки, которая сохраняется до начала-середины мая. Именно в это время в серых лесных глееватых почвах с естественным водным режимом наблюдается снижение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) до 280–300 мВ и возникают анаэробные условия. Летом обычно наблюдаются выравненные значения ОВП в почвах начальных стадий гидроморфизма (глубокооглеенные ---> глееватые).

Дренаж глееватых почв обуславливает существенное увеличение значений окислительно-восстановительного потенциала профиля почв весной. Однако в летний период различия ОВП между неосушенными и осушенными глееватыми почвами исчезают. Наблюдения показывают, что дренаж во влажные, средние и сухие годы оказывает весьма существенное влияние на режим влажности глееватых почв. При наличии дренажа в глееватых почвах не только устраняется двухъярусная верховодка, но обычно исчезает гравитационная влага из нижних горизонтов. Влажность почвы при этом на протяжении большей части теплого периода оказывается в оптимальном диапазоне – НВ-ВРК. Окислительно-восстановительный потенциал возрастает до 420–470 мВ, обеспечивая господство окислительной обстановки на протяжении сухого периода. Выявлены определенные различия в действии траншейного гончарного и бестраншейного пластмассового дренажа. На протяжении пяти контрастных по влажности лет показано, что с помощью гончарного и пластмассового дренажа может быть достигнут близкий или тождественный эколого-гидрологический эффект. Это позволяет признать, что бестраншейный пластмассовый дренаж без применения траншейных фильтров на серых глееватых почвах с Кф 0,1–0,3 м/сут оказывает такое же или более интенсивное гидрологическое действие, что и гончарный дренаж. Это создает благоприятные условия для своевременной обработки почв, возделывания широкого набора культур в севооборотах.

Кроме того, установлено, что на протяжении всего цикла (в годы разной обеспеченности осадками) исследований урожайность сельскохозяйственных культур на глееватых почвах с естественным водным режимом всегда была существенно меньше, чем на осушенной серой лесной глееватой почве. Так, при осушении бестраншейным пластмассовым и траншейным гончарным дренажем глееватых почв всегда в средние и влажные по осадкам годы происходит существенное увеличение урожайности сельскохозяйственных культур по сравнению с недренированными глееватыми почвами. Она оказывается близкой к урожайности культур на незаболоченной глубокооглеенной почве. Оценка разности средних по урожайности культур на почвах, осушенных этими двумя видами дренажа, показывает, что различия недостоверны при 5 % и, как правило, при 1 % уровне значимости.

Благоприятные условия для развития ризосферы и общей продуктивности растений характерны и для вторичных вертикальных литологических структур (дренажных и щелевых

засыпок). Эти структуры создают вторичную гидрологическую и литологическую неоднородность, возникающую под влиянием дренажа, и усугубляют пестроту почвенного покрова, обусловленную первичной неоднородностью водного режима, степенью заболоченности почв, гранулометрическим составом. Несмотря на имеющиеся в литературе указания об активной миграции ила под влиянием дренажа, нами как на 3-й год, так на 14-й год действия дренажной системы не были обнаружены статистически значимые изменения содержания илистой фракции, содержания всех форм соединений железа между контролем и дренированным участком в середине междурья [4]. В непосредственной близости от дрены (на расстоянии 1 м от дренажной линии) также не были установлены значимые изменения содержания илистой фракции и физической глины. Это заключение было справедливым для вариантов опыта как с керамическим траншейным, так и бестраншейным пластмассовым дренажем.

При строительстве траншейного гончарного и бестраншейного пластмассового дренажа образуются вторичные вертикальные структуры («обратные засыпки»). Они отличаются повышенным содержанием органического вещества по сравнению с вышележащими почвенными горизонтами. Изучение мелкозема этих вторичных почвенных структур показывает, что на 3–4-й годы (1992–1993 гг.) и на 20-й год последействия гончарного и пластмассового дренажа они обладали статистически достоверной меньшей плотностью сложения по сравнению с иллювиальными горизонтами на сопоставимых глубинах (1,50–1,55 – контроль; 1,28–1,29 – в засыпке траншеи; 1,37–1,38 – в щели пластмассового дренажа). Однако в слоях щели пластмассового дренажа, соответствующих иллювиальным горизонтам, плотность сложения выше, чем в слоях засыпки гончарного дренажа. Это объясняется разным содержанием гумусированного материала пахотного горизонта, поступившего при укладке дрен на различную глубину. Здесь, как правило, при строительстве пластмассового дренажа мелкозем пахотного горизонта поступает в небольшом количестве в нижние слои щели по сравнению с засыпкой гончарного дренажа, что и определяет их повышенную плотность сложения в нижних слоях. Установлено, что вертикальная фильтрация, определенная по методам Хануса и заливаемых квадратов (по Качинскому) в засыпке гончарного и в щели пластмассового дренажа оказалась более высокой, чем в почве ненарушенного сложения. Различия достоверны при $P = 0,95$. Повышенные значения коэффициента фильтрации в таких вторичных вертикальных образованиях, как и в случае с плотностью сложения и агрегатным составом, обусловлены разным количеством гумусированного мелкозема пахотного горизонта, поступившего в траншею при строительстве дренажа.

Действие разных видов закрытого дренажа способствует увеличению водопрочности структуры, в том числе в нижних слоях почв ненарушенного сложения. Так, на 19-й год последействия дренажа содержание агрономически ценных агрегатов увеличивается по профилю независимо от вида дренажа. Осушение и подземная биомасса растений способствует увеличению количества агрономически ценных агрегатов не только в верхних горизонтах профиля, но и в нижних. Дренаж оказывает влияние на увеличение пор инфильтрации, аэрации и влагопроводящих пор, особенно в иллювиальных горизонтах. Значения K_f связаны с распределением объемов пор по размерам и функциям. Под воздействием осушения заметно повышаются значения K_f , установленные как методом Хануса, так и методом рам [2]. Перед строительством дренажа серым лесным глееватым почвам были свойственны низкие и средние значения вертикальной фильтрации (0,1–0,3 м/сут), после осушения – средние и высокие.

Существенный интерес вызывает влияние разных видов закрытого дренажа на характер дренажного стока. Замеры в ранневесенний период показали, что максимальные модули дренажного стока с полигонов, осушенных пластмассовым бестраншейным дренажем, сопоставимы с их значениями при осушении гончарным дренажем. Наиболее полно на построенных системах оказалось возможным проследить формирование гидрографа стока в осенний период при постепенном увлажнении иссушенных летом глееватых почв. Существенно то, что дренажный сток на всех трех полигонах, осушенных гончарным дренажем, оказался несколько выше, чем сток на полигонах, осушенных пластмассовым дренажем, что обусловлено более интенсивным иссушением глееватых почв летом. Но абсолютные различия по

объему стока между этими вариантами за осенний период в конечном итоге оказались несущественными.

Таким образом, пластмассовый дренаж в силу своих конструктивных особенностей обеспечивает более быстрый сброс избыточной гравитационной влаги. Это способствует ускоренному просыханию почв и формированию в них дополнительной аккумулирующей емкости. В связи с этим осенний сток на системах, осушенных пластмассовым дренажем, оказался меньше по сравнению с гончарным дренажем. Из этого можно заключить, что всегда, как правило, наблюдалось незначительное преимущество в темпах удаления гравитационной влаги при использовании пластмассового дренажа по сравнению с гончарным.

Важное значение для оценки скорости и направленности современного почвообразования, влияния дренажных вод на загрязнение водоприемников и на ландшафт в целом имеет химический состав дренажных вод. Для сравнительной оценки химического состава дренажного стока на двух полигонах, осушенных гончарным дренажем, и на двух полигонах, осушенных пластмассовым дренажем, был произведен отбор проб вод в весенний период. Дренажные воды по составу основных анионов и катионов оказались тождественными или близкими, за исключением нитратов, которые преобладают в водах при осушении почв пластмассовым дренажем [5]. Установлена зависимость содержания катионов, за исключением Na, K и анионов от времени и интенсивности дренажного стока в весенний период. Наименьшие значения модулей дренажного стока сопровождаются уменьшением абсолютного количества катионов и анионов в дренажном стоке в несколько раз. Наибольшее количество химических элементов в дренажной воде было обнаружено весной в наиболее ранние сроки. Необходимо отметить, что концентрация нитрат-иона превышала предельно допустимые концентрации в 1,5–10 раз, Mg – 0,5–3 раза (ПДК для Mg и нитрат-иона равны 40 мг/л). Поэтому при подборе доз и вида минеральных удобрений следует особо учитывать возможное увеличение нитрат-иона или применять дробное внесение азотных удобрений.

Дренаж приводит и к активизации микробиологической деятельности, которая прямо регистрируется по увеличению длины грибного мицелия и общей биомассы микроорганизмов и косвенно – по увеличению доли дизфилов микробного происхождения на ^{31}P ЯМР-спектрах: с 6 до 11 % и с 9 до 12 % от площади спектра, а также по увеличению содержания аминокислот и мурамина в почвах ($p < 0,95$). В результате произошла и деструкция лигнина в агроэкосистемах [3]. Согласно величинам отношения лигнин/к азоту (VSC/N) в осушенных почвах наблюдается и преобладание метаболического углерода над ароматическим. Сумма продуктов окисления лигнина падает ($p < 0,95$) с 13 мг г⁻¹ C_{орг.} до 9 мг г⁻¹ C_{орг.}. Возрастает ($p < 0,99$) степень окисленности (отношение сиреневых кислот / к сиреневым альдегидам) и степень измененности боковых цепочек лигнина (VSC) по отношению к исходным растительным тканям: с 4,6 до 6,5.

В результате наблюдается увеличение соотношения C_{гк} : C_{фк} в гумусовых горизонтах от 0,93–1,18 до 1,53–1,98. Данный факт подтверждается и увеличением на 30 % площади пика углерода карбогидратов в области 60–106 ppm, по результатам ^{13}C ЯМР-спектроскопии, в молекулах ГК светло-серых глееватых осушенных почв. Изменение перечисленных показателей в осушенных почвах в конечном итоге свидетельствует об аэрации почв, интенсификации окислительных процессов и мобилизации органического вещества в них, улучшении агроэкологических условий для роста и развития растений. Осушение почв (25-летний период действия дренажной системы) с переменным ОВ-режимом способствует замыканию биогеохимических циклов, высвобождая элементы из новообразований по мере деградации последних на примере разрушительной трансформации соединений железа, марганца, углерода, азота, серы, фосфора, молекул гуминовых кислот, продуктов окисления лигнина и по отношению к первым годам (1989–1992 гг.) последствия пластмассового и гончарного дренажа [1].

Итак, осушение существенно изменяет ОВП, гидрологический режим, физические и химические свойства, гумусное состояние серых лесных оглеенных почв, в результате формируются новые агроэкологические условия, благоприятные для ведения сельскохозяйственного производства, и способствует внедрению адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Литература

1. Ковалев И. В. Биохимия лигнина в почвах: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 2016.
2. Ковалев И. В. Методические особенности лабораторного определения коэффициента фильтрации в тяжелосуглинистых почвах методом Хануса // Электронный журнал «Доклады по экологическому почвоведению». – 2007. – Вып. 5. – № 1. – С. 61–81. – URL: <http://soilinst.msu.ru>.
3. Ковалев И. В., Ковалева Н. О. Биохимия лигнина в почвах периодического переувлажнения (на примере агросерых почв ополей Русской равнины) // Почвоведение. – 2008. – № 10. – С. 1205–1216.
4. Ковалев И. В., Сарычева И. В. Соединения железа в серых лесных гидроморфных почвах // Вестник Моск. ун-та. – Сер. 17. Почвоведение. – 2007. – № 2. – С. 30–36.
5. Kovalev I. V., Huwe B. Auswirkung von Drainagemaßnahmen auf Wasser- und Stofftransport von hellgrauen gleyartigen Waldböden im Stupinsker Bezirk bei Moskau // Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. – Band 91. – Heft 1. – 1999. – S. 207–210.

УДК 631.626

КООРДИНАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ

Е. А. Кузьмин, Д. С. Полозов, А. Е. Кузьмин,

*Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель,
г. Тверь, Российская Федерация*

Процесс передвижения воды в минеральном грунте, торфяной залежи по-прежнему представляет собой определенный интерес. При проектировании новых схем дренажа, мелиоративных устройств и т. п. требуется как-то разделять жидкостные потоки: солевые, органические красители, растворимые радиоактивные соли и другие, каждый из которых обладает как положительными, так и отрицательными свойствами. В данной работе рассмотрено одновременное применение двух меток: хлористого натрия и стабильной разновидности воды – окиси дейтерия, так называемой тяжелой воды.

В торфяной залежи (рис. 1) координатным методом изучалось движение воды через скважины слева направо. Сущность координатного метода заключалась в добавке метки в воду в скважине, через который движется грунтовый поток, и по прошествии определенного времени отбора проб на разном расстоянии и глубине от скважины. Из проб отжималась вода, в которой определялась концентрация тяжелой воды на интерферометре ИТР-1 с точностью $\pm 0,01\%$ и концентрация иона хлора по ГОСТу 4245-72. Хлор мало сорбируется торфом, почвой и поэтому будет находиться в жидкой фазе образцов. Величины концентраций меток наносятся на схему разреза залежи (рис. 1), где пунктирной линией показаны ареалы распространения меченых жидкостей, в которых цифры – величины концентрации меток. Слева на рисунке 1 – стратиграфический разрез торфяной залежи, где представлены глубины, R% (степень разложения) прослоек торфа. Были пробурены две скважины на расстоянии 2 м друг от друга глубиной 1,7 м, которые на 1 м были заполнены водой. В одну скважину вводилось 0,5 кг 99,82 % раствора тяжелой воды (рис. 1, б), в другую – 0,5 кг хлористого натрия (рис. 1, а). После перемешивания концентрации стали равными, в 1-й – 0,3 г/л NaCl, во 2-й скважине – 5,97 % D₂O. Через две недели буром были отобраны пробы торфа и в них определены концентрации меток. Области распространения меченых жидкостей представлены на рисунке 1. Последовательной нумерацией (№ 1–8) отмечены места проникновения бура в залежь. В верхних частях околугуренных областей отмечается наличие определенной прослойки, по которой скорость движения влаги несколько превышает скорости в нижних слоях залежи. Причем мощность ее не одинакова: от 0,2 м (рис. 1, а) до 0,4 м (рис. 1, б). Числа на рисунке в околугуренной площади – концентрации меток в соответствующих точках.

Из рисунка 1 следует, что количество внесенных меток было слишком большим. Если принять, что уменьшение первоначального содержания меток будет соответствовать пропорциональному уменьшению концентраций меток в околугуренных площадях, то для тяже-

лой воды – в 5 раз. То есть, если уменьшить величины концентраций на рисунке 1 соответственно в 5 раз, то оставшаяся величина концентраций будет достаточной для фиксации на используемых в работе приборах.

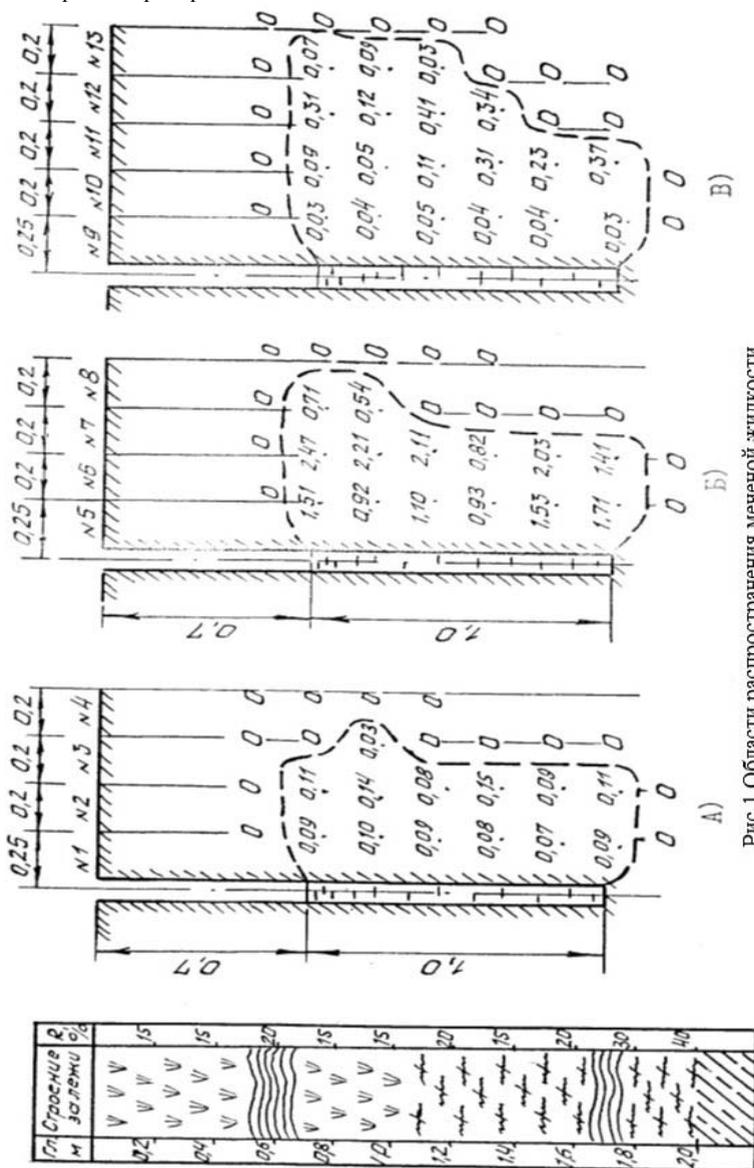


Рис.1 Области распространения меченой жидкости

Для установления оптимальной дозы внесения стабильной метки был проведен дополнительный опыт. Для этой цели на расстоянии 2 м от крайней скважины сделали еще одну с размерами, аналогичными двум другим. В эту скважину было внесено 0,05 кг концентрированного раствора тяжелой воды и 0,5 кг хлористого натрия. Концентрация метки D₂O в

скважине была равна 0,63 %. По прошествии 2 недель с помощью бура получена следующая картина распространения меченой жидкости в залежи (рис. 1, в). Здесь можно отметить наличие водопроницающей прослойки мощностью 0,5 м на глубине 0,7–1,2 м. Вода проникла на расстояние, вдвое превышающее продвижение жидкости в нижнем слое залежи на глубине 1,5–1,7 м. Концентрации меток по разрезу свидетельствуют о постепенном вытеснении меток из скважин и областей залежи, примыкающих к ним справа, в сторону движения воды в залежи. Количество внесенной метки, уменьшенное в 10 раз по сравнению с первым опытом, достаточно для получения четкой границы распространения меченой жидкости в торфяной залежи.

Координатный метод позволяет наглядно изучить структуру залежи: наличие прослоек повышенной водопроницаемости, расположение водоупоров, количественные данные о вертикальных и горизонтальных скоростях движения грунтовых вод и т. п. Одновременное внесение меток и полученные результаты говорят об идентичности поведения этих меток в исследуемой залежи (рис. 1, в), совпадении ареалов распространения меченых жидкостей. Таким образом, NaCl вполне может заменить более дорогие стабильную и радиоактивную метки. Последняя почти не используется в настоящее время из-за соблюдения особой техники безопасности, хотя она по свойствам наиболее совершенна.

УДК 627.83

НЕОБХОДИМОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДОСБРОСА КУРПСАЙСКОЙ ГЭС НА РЕКЕ НАРЫН

А. Э. Мадумаров, Н. П. Лавров,

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Российская Федерация*

Водосбросные сооружения (водосбросы) на водоподпорных энергетических гидроузлах предназначены для пропуска паводковых вод [1]. Отличительными особенностями их конструкции также являются технологичность, простота и экономичность. Необходим периодический мониторинг работы и состояния элементов водосбросных сооружений, своевременное обслуживание и ремонт [1, 2].

Курпсайская гидроэлектростанция (КГЭС) на реке Нарын в Киргизии является второй по мощности после Токтогульской ГЭС (ТГЭС) и входит в Нарынский каскад ГЭС. Конструктивно станция представляет собой высоконапорную гидроэлектростанцию с гравитационной бетонной плотиной и приплотинным зданием ГЭС. Плотины, расположенная в 90 км ниже по течению от ТГЭС, имеет левую глухую и правую водосливную часть, высота плотины составляет 113 м. Гидроузел содержит в своем составе поверхностный водосброс (ПВС) и глубинный водосброс (ГВС), предназначенные для сброса излишков воды из водохранилища в НБ сооружения (рис. 1). Водоприемник ПВС имеет один пролет шириной 16 м с постепенным сужением в плане к отводящему туннелю до 10 м. Проектный расход поверхностного водосброса равен $Q = 1500 \text{ м}^3/\text{с}$ при отметке НПУ = 724,0 м и максимальный расход $Q_{max} = 1680 \text{ м}^3/\text{с}$ при ФПУ = 725,0 м [2].

1. Результаты мониторинга водно-энергетических характеристик Курпсайского гидроузла

Изменение водно-энергетического баланса на каскаде Нарынских ГЭС, связанное с природно-климатическими и эксплуатационными особенностями, в частности, с изменением выработки электроэнергии Токтогульским каскадом, вызвало интенсивное аккумулятивное стока в Токтогульском и Курпсайском водохранилищах. В частности, в напряженные 2004 и 2006 гг. были произведены пуски через поверхностные водосбросы Токтогульской и Курпсайской ГЭС. Пуски периодически осуществлялись и в последующие годы. При этом была выявлена неспособность большинства водосбросных сооружений этих крупных плотин

пропускать сбрасываемые расходы воды в полном объеме без ущерба для самого гидроузла и окружающей среды.

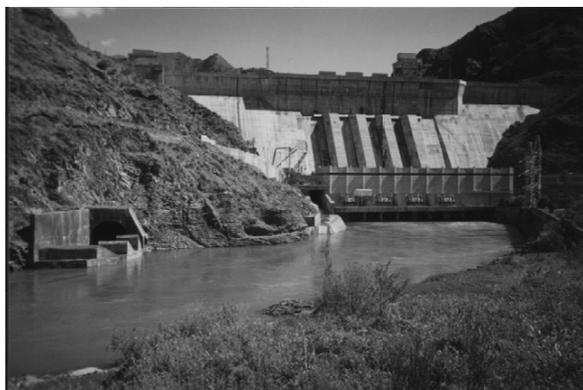


Рис. 1. Поверхностный (слева) и глубинный (слева примыкает к плотине) водосбросы Курпсайской ГЭС

Баланс расходов Курпсайской гидроэлектростанции как одиночной ГЭС разделяется на две составляющие – баланс верхнего и нижнего бьефов.

Получена зависимость [2] для определения общего притока к створу КГЭС, которая имеет вид:

$$Q_{ВБ}(t) = Q_{нр}(t) \pm Q_{\sigma}(t) + Q_{ос}(t) - Q_{исп}(t) \pm Q_{л}(t) \pm Q_{ВХС}(t) - Q_{\phi}^{\sigma}(t), \quad (1)$$

где $Q_{нр}(t)$ – естественный, или бытовой, расход воды в источнике; $Q_{\sigma}(t)$ – расход водохранилища, то есть то, что сбрасывается или аккумулируется в водохранилище; $Q_{ос}(t)$ – естественные осадки в водохранилище, определенные по данным ОАО «Кыргызгидромет»; $Q_{исп}(t)$ – испарение воды с поверхности водохранилища; $Q_{л}(t)$ – потери воды на льдообразование; $Q_{ВХС}(t)$ – расход воды для удовлетворения потребностей участников водохозяйственной системы; $Q_{\phi}^{\sigma}(t)$ – расход воды на фильтрацию из ложа водохранилища и частичный его возврат.

Балансовое соотношение в нижнем бьефе ГЭС будет иметь вид [2]:

$$Q_{НБ}(t) = Q_{ГЭС}(t) + Q_{хол.сбр.}(t) + Q_{\phi}(t) + Q_{проч}(t), \quad (2)$$

где $Q_{ГЭС}(t)$ – расход воды через турбины ГЭС; $Q_{хол.сбр.}(t)$ – холостые сбросы воды, определяются расходными характеристиками водосбросных сооружений ГЭС; $Q_{\phi}(t)$ – расход воды на фильтрацию из верхнего бьефа в нижний через гидротехнические сооружения и в обход их; $Q_{проч}(t)$ – неэнергетические расходы воды или пуск воды в нижний бьеф на нужды участников ВХС.

Установлено, что невязка в расходах ВБ и НБ, не превышающая 1,5 %, вызвана неточностью определения расходов испарения, фильтрации и осадков, а также погрешностью приборов измерения.

Составленный баланс расходов воды в верхнем бьефе Курпсайской ГЭС в период работы водосбросных сооружений (2003, 2004, 2006 и 2010 гг.) подтвердил необходимость постоянного поддержания водосбросных сооружений в рабочем состоянии и увеличения пропускной способности поверхностного водосброса.

Получено уравнение годового баланса объемов воды, положенное в основу проведенного водно-балансового расчета:

(3)

где $W_{пр}$ – годовой сток притока воды в створе ГЭС; $W_{бп}$ – годовой объем боковой приточности в водохранилище; $W_{э}$ – годовой сток воды, используемый на выработку электроэнергии; $W_{ф}$ – годовой объем фильтрации через тело плотины и скальное основание; $W_{п}$ – годовой объем протечек; $W_{ис}$ – годовой сток воды, пропускаемый через водосбросные сооружения ГЭС (холостые сбросы).

На основе данных баланса стока воды составлен график годовых объемов притока и расхода через агрегаты Токтогульской и Курпсайской ГЭС с 2000 по 2010 год (рис. 2), наглядно отражающий взаимовлияние ГЭС каскада и режимные условия работы водохранилищ ТГЭС и КГЭС в данные годы.

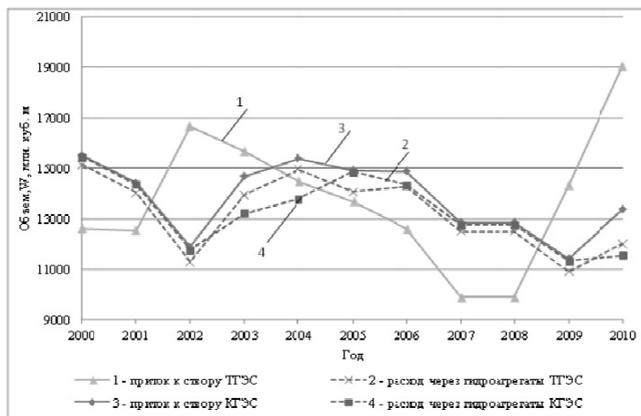


Рис. 2. График притока и расхода КТГЭС

Выполненные по результатам мониторинга расчеты баланса расходов обосновывают величины максимального расхода воды поверхностного водосброса и подтверждают необходимость реконструкции водосбросных сооружений КГЭС, недостаточно надежных в процессе эксплуатации.

2. Краткая характеристика известных конструкций поверхностных водосбросов энергетических гидроузлов

Рассмотрим особенности некоторых поверхностных водосбросов различных стран мира и Кыргызстана. При этом обратим внимание, в первую очередь, на конструкцию концевой части ПВС, реализующих принцип сопряжения бьефов путем отброса струи.

В зарубежной и отечественной практике гидротехнического строительства для управления бурными потоками в концевой части водосбросов наиболее часто применяются различного рода трамплины.

Для создания лучших условий гашения избыточной кинетической энергии сбрасываемого трамплином потока при широком водосбросном фронте используются различного рода носки-расщепители, прорезные конструкции и т. п. Помимо отбрасывания потока в сторону от сооружения, эти конструкции способствуют расщеплению потока на отдельные струи и уменьшению по площади удельных расходов в месте сопряжения их с нижним бьефом.

Весьма своеобразной формой обладает конструкция трамплина, предложенная и исследованная А. Я. Миловичем для водосброса гидроузла на р. Аджарис-Цхали [3].

Подобная же идея была использована М. Э. Факторовичем при разработке концевой устройства водосброса Чиркейского гидроузла с боковым сливом [3].

Иногда требуется сбрасываемый поток направить в узкие каньоны, как, например, в нижнем бьефе Токтогульской плотины. Для предотвращения размыва берегов ущелья часто требуется отбросить поток по возможности узкой струей вдоль течения русла. С этой целью

применяются трамплины специальной формы, подбираемой опытным путем. К числу таких трамплинов можно отнести, например, трамплины ложкообразной формы, разработанные для водосброса плотины Вискитаун, трамплины водосбросов плотин Кастелу-ду-Боди, Качи и ряд других устройств [3].

Водосбросы гидроузла Росс на р. Скагит (США) запроектированы с концентрированным сбросом потока в узкое русло при соударении струй в воздухе.

Уменьшение гидродинамических воздействий на крепление и скальное основание достигается интенсивным аэрированием потока с помощью расщепителей, устанавливаемых на участке схода потока с носка-трамплина, а также с помощью конструкций носков, имеющих поверхность двойной кривизны.

Конструкции существующих поверхностных водосбросных сооружений на гидроузлах верхнего Токтогульского каскада ГЭС физически и морально устарели и нуждаются в реконструкции и модернизации. Элементы водосбросных сооружений, построенных в середине прошлого столетия, не отвечают современным международным требованиям по пропускной способности, которая, как показали натурные испытания [1, 2, 4] является заниженной.

К таковым относится и конструкция ПВС Курпсайской ГЭС. Концевое сооружение поверхностного водосброса КГЭС (рис. 1) содержит подводный участок в виде безнапорного туннеля, донную плиту с расположенными на ней тремя трамплинами, понижающуюся по течению высоты, и вертикальную подпорную стенку со стороны правого берега реки Нарын. Это послужило основанием для проведения гидравлического расчета концевой участка ПВС [4] с целью приближенного расчетного обоснования конструкции концевой участка ПВС КГЭС, т. е. носка-трамплина.

К числу основных вопросов, рассматриваемых при расчетном обосновании конструкции носка-трамплина, относятся: выбор наклона носка и расчет траекторий свободной полета струи. Ниже изложен гидравлический расчет концевой участка КПВС [3] по схеме, представленной на рисунке 3.

Цель расчета – выявление зависимости длины отлета струи от расхода, пропускаемого ПВС. Перед началом расчета определены наполнения на выходе из туннеля ПВС при пропуске через водосброс расходов воды: $Q = 300, 350, 400, 450, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 1680 \text{ м}^3/\text{с}$.

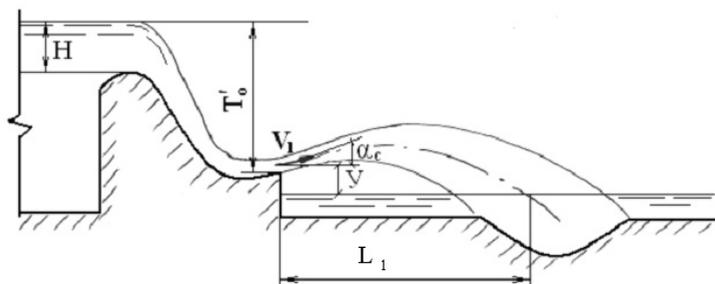


Рис. 3. Расчетная схема отлета струи с трамплина

По формуле Шези определены глубины воды h в туннеле при этих расходах и построен график зависимости $Q = f(h)$ (рис. 4)

Далее определены скорости на выходе из туннеля при различных расходах воды по известной зависимости (уравнение неразрывности):

$$v = \frac{Q}{b \cdot h}, \quad (4)$$

где Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; b – ширина туннеля, м ; h – наполнение на выходе из туннеля, м .

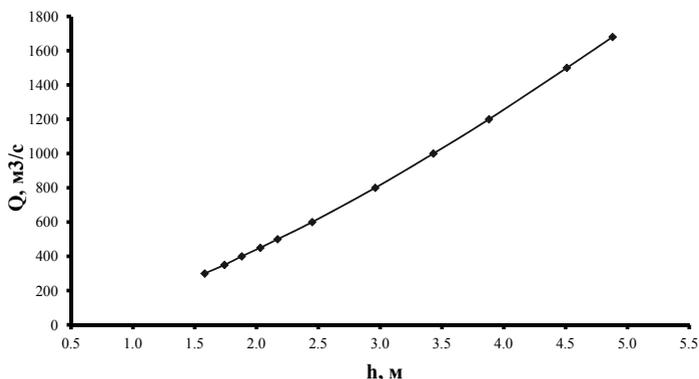


Рис. 4. Кривая связи $Q = f(h_0)$

Определен угол наклона струи α_c при отклонении ее плоскостью, расположенной под углом β , по графику на рис. 10-49 [5]:

Определена дальность отлета струи с трех трамплинов по известной теоретической зависимости [5]:

$$L_1 = \frac{v_1^2 \cos \alpha_c}{g} \left(\sin \alpha_c + \sqrt{\sin^2 \alpha_c + \frac{2g \cdot y}{v_1^2}} \right), \quad (5)$$

где v_1 – скорость струи на подходе к трамплину;

α_c – угол наклона оси струи к горизонту в створе уступа;

y – превышение центра сечения струи в створе уступа над местом падения струи.

Расстояние от створа выхода из туннеля до створа падения струи определены по зависимости:

$$L = a + L_1, \quad (6)$$

где a – расстояние от створа выхода из туннеля до створа уступа.

Полученная зависимость $L = f(Q)$ для трех трамплинов ПВС приведена на рисунке 5.

Гидравлическим расчетом была определена максимальная длина отлета компактной струи с конечного трамплина ПВС при расходе воды $Q = 1680 \text{ м}^3/\text{с}$, равная $L = 148,4 \text{ м}$.

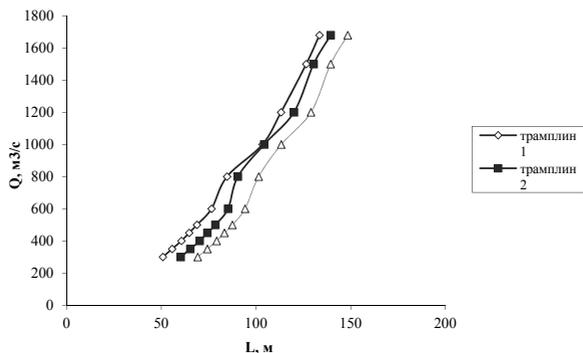


Рис. 5. Совмещенный график зависимости длины отлета струи от сбрасываемого расхода $L = f(Q)$

Принятая расчетная схема истечения с концевых трамплинов является приближенной, так как их напорные грани имеют переменную кривизну. Поэтому полученные расчетные данные необходимо проверить экспериментальными модельными и натурными исследованиями.

Экспедицией кафедры гидротехнического строительства и водных ресурсов КРСУ совместно с персоналом каскада Токтогульских ГЭС в 2004 г. были проведены натурные гидравлические исследования ПВС КГЭС. В процессе натурных исследований изучено истечение через концевое устройство ПВС, а также совместная работа поверхностного и глубинного водосбросов в НБ КГЭС.

Натурные исследования КПВС проводились по разработанной методике для расходов $Q = 200 \text{ м}^3/\text{с}, 300 \text{ м}^3/\text{с}, 350 \text{ м}^3/\text{с}, 400 \text{ м}^3/\text{с}, 500 \text{ м}^3/\text{с}, 600 \text{ м}^3/\text{с}$.

Фактические данные по распространению потока и водяной пыли на выходе из ПВС показали, что отбрасываемая компактная струя при малых расходах $Q \leq 400 \text{ м}^3/\text{с}$ не выходит за пределы русла реки. Однако при средних расходах $Q = 500..600 \text{ м}^3/\text{с}$ струя преодолевает бетонное ограждение и подмывает левый берег р. Нарын. Ширина распыления компактной струи при расходе $Q \geq 600 \text{ м}^3/\text{с}$ достигает 160 м, а ширина водяного облака – 400 м. Площадь осаждения водяной пыли при этом расходе воды составляет $0,15 \text{ км}^2$. Насыщенная водяная пыль плотным облаком распространяется в направлении третьей опоры ЛЭП-220 кВ. Уже при расходах водосброса $Q = 300 \text{ м}^3/\text{с}$ струя достигает подъездной дороги к зданию ГЭС, заливая при этом лоток силового кабеля, а при расходах водосброса $Q \geq 500 \text{ м}^3/\text{с}$ плотная водяная пыль покрывает автомобильную трассу Бишкек – Ош, расположенную на 140 м выше плиты концевого сооружения ПВС. При этом весь склон насыщается водой и создается угроза оползня в нижний бьеф сооружения.

Исследования истечения через концевые сооружения ПВС и ГВС при одновременной их работе проводились также на основе разработанной методики при расходах водосбросов: $Q_{\text{ПВС}} = Q_{\text{ГВС}} = 300 \text{ м}^3/\text{с}, 350 \text{ м}^3/\text{с}, 400 \text{ м}^3/\text{с}, 450 \text{ м}^3/\text{с}$.

Наблюдения за совместной работой водосбросов показали, что при заданных расходах компактные струи двух водосбросов практически не пересекаются. Однако при расходе каждого водосброса $450 \text{ м}^3/\text{с}$ водяное облако у них становится общим и распространяется до значительных размеров ($0,13 \text{ км}^2$). При этом происходят те же самые явления, что и при самостоятельной работе ПВС: заливается противоположный берег реки, насыщается водой левый склон, подмывает третью опору ЛЭП, грунт с левого берега смывается в реку.

Заключение

Проведенные натурные исследования наряду с результатами мониторинга водно-энергетических характеристик обосновывают необходимость реконструкции ПВС, так как фактически пропускаемый расход воды через поверхностный водосброс Курпсайской ГЭС не превышает $450 \text{ м}^3/\text{с}$, тогда как проектный максимальный расход составляет $1680 \text{ м}^3/\text{с}$. Это связано с тем, что длина и направление распространения компактной струи и водяной пыли не соответствуют проектным характеристикам, что приводит к водонасыщению левого склона р. Нарын, способствуя образованию оползневых явлений в нижнем бьефе сооружения. Кроме того, при пропуске расходов более $450 \text{ м}^3/\text{с}$ начинается подмыв опоры ЛЭП-220 и проникновение отброшенной струи в траншею силового кабеля, что создает аварийную ситуацию на энергетическом объекте.

Литература

1. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны : монография / под ред. Н. П. Лаврова. – Бишкек: Салам, 2009. – 504 с.
2. Олейникова В. А. Мониторинг водно-энергетических характеристик водохранилища Курпсайской ГЭС для совершенствования конструкции поверхностного водосброса : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Бишкек: КРСУ, 2014. – 24 с.
3. Отчет О НИР по хозяйственной теме № Д-НИОКР-102-9/365 (ХГ-05-07) с каскадом Токтогульских ГЭС «Исследования водосбросных сооружений Курпсайской ГЭС». – Бишкек, 2008. – 88 с.

4. Лабораторные исследования гидравлики нижнего бьефа при работе эксплуатационного водосбора Бурейского гидроузла / А. В. Васильев [и др.] // Гидротехническое строительство. – 2008. – № 6. – С. 36–38.

5. Слисский С. М. Гидравлические расчеты высоконапорных гидротехнических сооружений. – М.: Энергия, 1979. – 400 с.

УДК 631.6(470.313)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПК MIKE В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБВОДНЕНИЯ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ

*Ю. А. Мажайский, Л. Ю. Макарова, Ю. В. Ковешников, А. Н. Кузьмин,
ООО «Мецперский научно-технический центр», г. Рязань, Российская Федерация*

В условиях деградации гидромелиоративных систем (ГМС), построенных во второй половине XX века, а также усиления аридизации климата гумидной зоны России возникла практическая необходимость восстановления части ранее осушенных болотных ландшафтов для обеспечения прежде всего пожарной безопасности, экологической устойчивости и снижения эмиссии парниковых газов. Одной из причин, ускоривших практическое решение данной проблемы, послужили аномально засушливые условия 2010 г., приведшие к лесным и торфяным пожарам, повлекшими гибель людей [8, 9].

Часть работ ведется на территории РФ в рамках проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата», являющегося частью Международной климатической инициативы (IKI). Поддержку этой инициативе на основании решения, принятого германским бундестагом оказывает Федеральное министерство окружающей среды, охраны природы, строительства и безопасности ядерных реакторов Германии (BMUB). Проект финансируется посредством немецкого банка развития KfW (проект № 11 III 040 RUS K Восстановление торфяных болот) и реализуется совместно с Wetlands International, фондом Микаэля Зуккова, университетом Грайфсвальда и Институтом лесоведения РАН в сотрудничестве с Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, правительствами Московской, Нижегородской и Тверской областей и администрацией Владимирской области.

Проект «Восстановление торфяных болот в России» стал одним из победителей конкурса «Момент для перемен – 2017», проводимого секретариатом Рамочной конвенции ООН об изменении климата.

При восстановлении (ренатуризации, реставрации) болотных экосистем, нарушенных в результате осушения, в качестве главной цели ставится обеспечение экологической устойчивости и пожарной безопасности ландшафта [1, 2, 3, 10].

Основным методом ренатуризации осушаемых болотных массивов является подача недостающего для обеспечения процесса заболачивания количества воды путем субиригации, или поверхностного затопления.

Способ ренатуризации – перераспределение по территории и во времени гидрологических ресурсов водосборов с помощью использования существующей осушительной сети и создания специальной системы гидротехнических сооружений и, в отдельных случаях, искусственных водных объектов [6, 7, 8, 12].

В основе достижения заданной цели лежит принцип сочетания способа слияния водных потоков (осушения) и бифуркации водных потоков (увлажнения-обводнения) [8].

Для определения наиболее эффективной схемы (проекта) обводнения рационально использовать математическое (численное) моделирование процессов затопления осушенных болотных массивов во время весенних половодий, являющихся основными источниками водного питания водосборов (70–90 % от общего объема стока) [4].

Наиболее достоверные результаты дает моделирование с использованием одномерных (MIKE 11) и двумерных уравнений Сен-Венана (MIKE 21), а также комплексное моделиро-

вание (MIKEFLOOD), реализованное в программном комплексе MIKE (Датский гидравлический институт), сертифицированного на территории РФ. Комплексное моделирование является наиболее точным и информативным методом моделирования, осуществляемое в программном модуле MIKEFLOOD.

Программа позволяет объединить гидравлические и информационные преимущества отдельных моделей: одномерной MIKE 11 и двумерной MIKE 21, избегая при этом сложностей при формировании моделей и неопределенностей каждой из них. Основным назначением программы является моделирование паводков различной обеспеченности и определение соответствующих границ затопления, а также глубин, скоростей течения и продолжительности времени затопления [5].

Результатом анализа выполненных расчетов являются двумерные карты и видео процесса моделирования половодья, которое доступно после окончания процесса вычислений.

Определяются такие параметры гидрографической сети, как максимальная глубина затопления, ширина и уровень затопления, максимальный расход воды в створе, средняя скорость водного потока в сечении, а также распределение скоростных характеристик по длине всей гидрографической сети. Вычисления происходят на временном отрезке прохождения половодья с вычислением критериев стабильности вычислений по Куранту.

Использование результатов численного моделирования применялось при выполнении проектных работ по объектам в рамках проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата»:

1. Разработка элементов проекта обводнения выработанного торфяного месторождения «Большое Урсово» и «Макарихинское» в Камешковском районе Владимирской области.
2. Разработка проекта обводнения (вторичного заболачивания) участка нарушенных черноольховых болот Городное площадью 910 га в соответствии с концепцией плана обводнения.

Для получения максимально возможной площади обводнения месторождений предложено перераспределение поверхностного и дренажного стока как с внешней, так и с внутренней водосборной площади по территории месторождения с помощью устройства земляных перемычек на основных валовых и магистральном каналах. Перекрытие осушительной системы торфоместорождения осуществляется глухими перемычками без устройства водоспусков регуляторов [8, 11].

Местоположение, размеры и высотные параметры перемычек получены и приняты в проектах по результатам численного моделирования в программном комплексе MIKE 21, для обеспеченности 5 % при прохождении весеннего половодья (для получения отметок гребня перемычек) и 95 % обеспеченности (для определения геометрических размеров перемычек).

Результаты численного моделирования для объекта Городное представлены на рисунках 1–4.

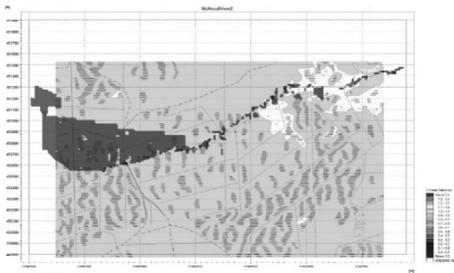


Рис. 1. Глубины на 17.06.2017 (окончание половодья, 5%)

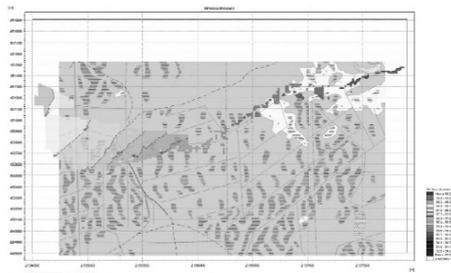
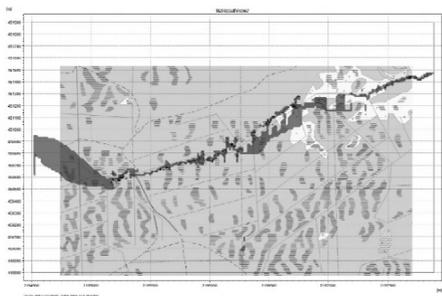
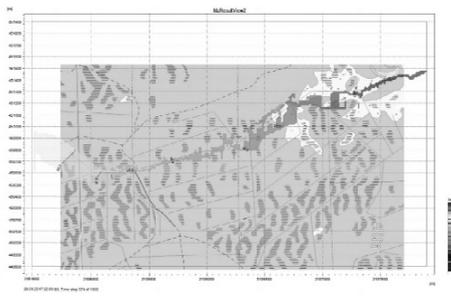


Рис. 2. Уровни на 17.06.2017 (окончание половодья, 5%)



**Рис. 3. Глубины на 20.06.2017
(окончание половодья, 95 %)**



**Рис. 4. Уровни на 20.06.2017
(окончание половодья, 95 %)**

На основе численного моделирования обводняемого массива проведен анализ объемов водных ресурсов на месторождении в летне-осеннюю межень, соответствующих обеспеченностей с учетом всех составляющих водного баланса. Получены численные и временные параметры, позволяющие оценить необходимые объемы воды для максимально возможной площади обводнения (табл. 1, 2).

Таблица 1. Участок в естественном состоянии (перемычки отсутствуют)

	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь		
Приток с водосборной площади	Inflow sources	504298.81	1222288.21	1301594.82	1306183.50	1306212.50	1306243.06	1306351.78	m ³
Потери на испарение (осадки минус испарение)	Hydrology net precipitation	-82802.58	-233165.52	-279584.64	-294498.24	-298099.41	-299791.56	-300717.35	m ³
Коррекция уровня воды	Water level correction	8844.20	20944.70	21639.14	21823.95	21846.19	21855.60	21860.76	m ³
Общий отток с территории	Total inflow	430340.43	1010067.40	1043649.32	1033509.20	1029959.27	1028307.10	1027495.20	m³
Потери на фильтрацию	Hydrology infiltration	2008.33	3678.36	3678.36	3678.36	3678.36	3678.36	3678.36	m ³

Таблица 2. Участок после проведения мероприятий по обводнению

	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь		
Приток с водосборной площади	Inflow sources	501759,23	1222569,05	1301655,34	1306183,5	1306212,52	1306243,64	1306351,78	m ³
Потери на испарение (осадки минус испарение)	Hydrology net precipitation	-83336.69	-237108.52	-286102.66	-302114.87	-305971.57	-307746.17	-308677.30	m ³
Коррекция уровня воды	Water level correction	8727.15	20806.64	21500.44	21684.24	21706.49	21715.90	21721.06	m ³
Общий отток с территории	Total inflow	427149.69	1006267.17	1037053.13	1025752.87	1021947.44	1020213.37	1019395.54	m³
Потери на фильтрацию	Hydrology infiltration	1999.79	3675.62	3675.62	3675.62	3675.62	3675.62	3675.62	m ³

Анализ результатов показывает, что объемы задерживаемого стока на участке в результате проведения мероприятий в острозасушливый год (Р 95%) составляют на конец октября – 8,1 тыс. м³.

Литература

1. Панов В. В. Восстановление торфяных болот. – Томск: Том. гос. пед. ун-т, 2006. – 70 с.
2. Временные рекомендации по проектированию обводнения выработанных и выведенных из эксплуатации площадей торфяных месторождений. – М., 2008. – 112 с.
3. Инструкция по восстановлению торфяных болот после добычи торфа. – СПб.: Техноторф, 2002. – 56 с.
4. Принципы моделирования мелиоративного режима при комплексных мелиорациях / Л. В. Кирейчева, В. М. Яшин, И. В. Глазунова [и др.]. – М.: ВНИИГиМ, 2001. – 65 с.
5. Компьютерное моделирование речных потоков. Теоретические основы / Группа компаний НФК «Волга». – М., 2015. – 79 с.
6. Маслов Б. С. Гидрология торфяных болот. – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 266 с.
7. Методические рекомендации по конструкциям и технологии сооружения земляного полотна при прохождении обводнённых болот, озёр и грядово-озерковых болотных комплексов в условиях севера Западной Сибири. – М.: СоюздорНИИ, 1978. – 65 с.
8. Пыленок П. И. Ренатурализация осушенных болот: гидрологические предпосылки и технологии // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 1. – С. 38–42.
9. Пыленок П. И. Эволюция гидромелиоративной парадигмы в зоне избыточного и неустойчивого увлажнения // Инновационные технологии в мелиорации : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения). – М.: Изд-во ВНИИА, 2011. – С. 146–151.
10. Зайдельман Ф. Р. Рекомендации по защите торфяных почв от деградации и уничтожения при пожарах. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2011. – 204 с.
11. Рекомендации по экологической реабилитации нарушенных болот и предотвращению нарушений гидрологического режима болотных экосистем при осушительных работах на прилегающих территориях. – Минск, 2010. – 113 с.
12. Ренатурализация и устойчивое управление торфяными болотами для предотвращения деградации земель, изменений климата и обеспечения сохранения глобально значимого биологического разнообразия. – Минск: Минлесхоз, 2010.

УДК 631.4:631.432

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОТЕНЦИАЛ ВЛАГИ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ В ОСЕННЕМ И ЗИМНЕМ ПЕРИОДАХ ГОДА

*Н. А. Муромцев¹, Ю. А. Мажайский², Н. А. Семенов³, К. Б. Анисимов¹,
В. В. Грибов¹, В. Г. Витязев⁴,*

¹ Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАН, г. Москва, Российская Федерация;

*² Мещерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация;*

³ Институт кормов им. В. Р. Вильямса, г. Лобня Московской области, Российская Федерация;

*⁴ Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Российская Федерация*

Введение

Температура является важнейшим термодинамическим параметром, функционально связанным с потенциалом почвенной влаги и, весьма существенно влияющим на него. Изучению воздействия температуры воздуха ($T_{\text{в}}$) и почвы ($T_{\text{п}}$) на энергетическое состояние почвенной влаги и интенсивность ее потока посвящены работы Глобуса (1977), Муромцева, (1991); Мажайского (2002), Durner W. et al (2006). Однако воздействие температуры почвы на потенциал влаги ($P_{\text{к}}$) в области высокого увлажнения почвы (до 0,7 наименьшей влагоемкости), и особенно в интервале низких положительных и отрицательных температур, изучено эпизодически, далеко недостаточно.

Исследования динамиками потенциала влаги и температуры дерново-подзолистой слабооглеенной почвы были организованы на Зеленоградском стационаре Почвенного института им. В. В. Докучаева РАН. Регулярные наблюдения начали осуществлять после монтажа автоматической метеостанции «VantagePro 2» и установки датчиков потенциала влаги и температуры в почву. Датчики потенциала влаги (длина 70 мм, диаметр 18 мм) и температуры почвы (длина 30 мм, диаметр 5 мм) установлены на глубинах дерново-подзолистой суглинистой почвы (вариант «Залежь»): 5–12 и 5–8 см (№ 1), 30–37 и 30–33 см (№ 2), 50–57 и 50–53 см (№ 3), 70–77 и 70–73 см (№ 4).

Информация с датчиков потенциала влаги и температуры почвы с коммутатора (фото) поступает на дисплей сбора и первичной обработки данных метеостанции [5] и далее – на компьютер. Дерново-подзолистая слабооглеенная почва в варианте «Залежь» достаточно представлена в работе [4].



Коммутатор датчиков потенциала влаги и температуры почв

Динамика (частично выбраны из массива данных) потенциала влаги и температуры почвы, представлены в таблице в осенний и зимний периоды времени 2014–2015 гг. Информация проанализирована в пределах каждой приведенной даты с интервалом каждые 3 часа (например: 03 часа 21 ноября 2014 г.).

Динамика потенциала влаги и температуры в варианте «Залежь» за период 6 ноября 2014 г. – 3 февраля 2015 г. (приведены выборочно отдельные даты)

Дата, время	Потенциал динамики влаги кПа 1	Потенциал динамики влаги кПа 2	Потенциал динамики влаги кПа 3	Потенциал динамики влаги кПа 4	Температура почвы 1, °С	Температура почвы 2, °С	Температура почвы 3, °С	Температура почвы 4, °С
2014-11-21 00:00:00	41	29	34	39	0,2	2,3	2,1	3,4
2014-11-21 03:00:00	41	29	34	39	0,2	2,3	2,1	3,3
2014-11-21 06:00:00	41	29	34	39	0,2	2,2	2,1	3,3
2014-11-21 09:00:00	42	29	34	39	0,1	2,2	2,1	3,3

2014-11-21 12:00:00	42	29	34	39	0,1	2,2	1,9	3,2
2014-11-21 15:00:00	42	29	34	39	0,2	2,1	1,9	3,2
2014-11-21 18:00:00	42	29	34	39	0,1	2,1	1,9	3,2
2014-11-21 21:00:00	54	29	34	39	0,1	2,1	1,9	3,2
2014-11-22 00:00:00	200	29	34	40	0	2,1	1,9	3,2
2014-12-20 00:00:00	123	32	36	45	-0,1	0,7	0,6	1,5
2014-12-20 03:00:00	119	32	36	45	-0,1	0,7	0,6	1,5
2014-12-20 06:00:00	115	32	36	45	-0,1	0,7	0,6	1,5
2014-12-20 09:00:00	111	32	36	45	-0,1	0,7	0,6	1,5
2014-12-20 12:00:00	108	32	36	45	-0,1	0,7	0,6	1,5
2014-12-20 15:00:00	105	32	36	45	-0,1	0,7	0,6	1,5
2014-12-20 18:00:00	101	32	36	45	-0,1	0,7	0,6	1,5
2014-12-20 21:00:00	99	32	36	45	-0,1	0,7	0,6	1,5
2014-12-21 00:00:00	96	32	36	45	-0,1	0,7	0,6	1,4
2014-12-25 00:00:00	40	32	36	45	0	0,7	0,7	1,4
2014-12-25 03:00:00	39	32	36	45	0	0,7	0,7	1,4
2014-12-25 06:00:00	39	31	36	45	0	0,7	0,7	1,4
2014-12-25 09:00:00	38	31	36	45	0	0,7	0,7	1,4
2014-12-25 12:00:00	38	31	36	45	0	0,7	0,7	1,4
2014-12-25 15:00:00	37	31	36	45	0	0,7	0,7	1,4
2014-12-25 18:00:00	37	31	36	45	0	0,7	0,7	1,4
2014-12-25 21:00:00	37	31	36	45	0	0,7	0,7	1,4
2014-12-26 00:00:00	37	31	36	44	0	0,7	0,7	1,4
2015-01-09 00:00:00	38	31	36	41	0,1	0,8	0,7	1,5
2015-01-09 03:00:00	38	31	36	41	0,1	0,8	0,7	1,5
2015-01-09 06:00:00	38	31	36	41	0,1	0,8	0,7	1,5
2015-01-09 09:00:00	38	31	36	41	0,1	0,8	0,7	1,5
2015-01-09 12:00:00	38	30	36	41	0,1	0,8	0,7	1,5
2015-01-09 15:00:00	38	30	36	41	0,1	0,8	0,7	1,5
2015-01-09 18:00:00	38	30	36	41	0,2	0,8	0,7	1,5
2015-01-09 21:00:00	38	30	36	41	0,2	0,8	0,7	1,5

2015-01-10 00:00:00	38	30	36	41	0,2	0,8	0,7	1,5
2015-02-04 00:00:00	38	28	35	34	0,2	0,8	0,7	1,4
2015-02-04 03:00:00	38	28	35	34	0,2	0,8	0,7	1,4
2015-02-04 06:00:00	38	28	35	34	0,2	0,8	0,7	1,4
2015-02-04 09:00:00	38	28	35	34	0,2	0,8	0,7	1,4
2015-02-04 12:00:00	38	28	35	34	0,2	0,8	0,7	1,4
2015-02-04 15:00:00	38	28	35	34	0,2	0,8	0,7	1,4
2015-02-04 18:00:00	38	28	35	34	0,2	0,8	0,7	1,4
2015-02-04 21:00:00	38	28	35	34	0,2	0,8	0,7	1,4
2015-02-05 00:00:00	38	28	35	34	0,2	0,8	0,7	1,4

Динамика потенциала почвенной влаги наиболее заметно изменяется в верхнем (5–12 см) слое в осенний и зимний периоды 2014–2015 годов. Его летние и раннеосенние значения колебались в пределах от 150 кПа до 5–7 кПа в зависимости от степени обводненности почвы. В начале декабря они, что называется, взмыли вверх до 200 кПа и оставались на этом высоком уровне в течение трех недель. Однако в конце декабря потенциал в верхнем слое почвы понизился до 40–35 кПа и приблизился к его значениям в толще 30–77 см. Динамики потенциала в слоях 30–37, 50–57 и 70–77 см в течение большей осени спокойны, достигая максимума 80–65 кПа. К концу октября и частично в ноябре значения потенциала понизились до уровня 40–35 кПа. Далее, к декабрю и в начале него она в слое 5–12 см перешла в область невысоких отрицательных значений ($-1... -2$ °C), а в слоях 30–37, 50–57 и 70–77 см понизилась до невысоких ($0,7-1,5$ °C) положительных значений. Эти значения существенно не изменились и в течение всей зимы, и ранней весны, вплоть до 5 апреля с. г.

Такой характер изменений потенциала в различных слоях не очень мощной толщey почвы (77 см) всецело объясняется особенностями влагообмена в зоне аэрации и ходом температуры в слоях установки датчиков потенциала и температуры. В начале ноября (6 числа) низкие значения положительных температур в слоях 30–33, 50–53 и 70–73 см составили соответственно $+3,2$, $+3,1$ и $+3,9$ °C, а в верхнем (5–8 см) слое была отрицательная величина ($-2,8$ °C).

Отсюда следует, что различие величин в верхнем и нижнем слоях в $6,7$ °C ($-2,8 + 3,9$) градусов – существенно при невысоких величинах температуры ($-2,8$ и $3,8$ °C). В средних слоях почвы (30–33 и 50–53 см) температура практически одинакова. В дальнейшем, за трехнедельный период (6–21 ноября), температура почвы имела следующий ход. К 13 ноября она повысилась и составила 4,3, 4,4, 4,4 и 4,9 °C в слоях 5–12, 30–33, 50–53 и 70–73 см, т. е. возросла на один-полтора градуса (по всей глубине) и практически выровнялась в пределах четырех слоев почвы.

Однако в ноябре в слое 5–8 см температура понизилась до $0,2$ °C. В двух средних и нижнем слоях она достигла значений соответственно 1,9, 1,7 и $3,0$ °C. Резкое понижение ее (от $4,3$ до $-0,1$ °C) в поверхностном слое обусловило повышение потенциала влаги до 200 кПа. И это высокое значение его наблюдается до 17 декабря. Затем отмечается постепенное понижение: 18.12–182 кПа, 19.12 – 137 кПа, 20.12 – 107 кПа, 21.12 – 83 кПа и 25.12 – 37 кПа. И на этом уровне (37–39 кПа) потенциал влаги в верхнем слое находится в продолжение января и в начале февраля 2015 г.

Рассмотрим суточные динамики потенциала и температуры почвы по отдельным наиболее характерным датам ноября 2014 – февраля 2015 года. К 00 часам 11 ноября 2014 года потенциал составил величины в интервале 41–39 кПа в слоях 5–12, 30–37, 50–57 и 70–77 см.

Однако к концу суток (24.00) значение потенциала в слое 5–12 см весьма резко и значительно повысилось до 200 кПа. В слоях 30–37, 50–57 и 70–77 см потенциал не изменился и остался на прежних уровнях. Причина – в резком понижении температуры почвы на глубине 5–12 см до 0.00°C , на всех других глубинах почвы она оставалась также на прежнем уровне.

В дальнейшем, вплоть до 20 декабря, температура в верхнем слое почвы удерживалась на уровне $0.0 - -0.1^{\circ}\text{C}$, потенциал за это время понизился к 00 часам до 123 кПа, к двенадцати ночи – до 96 кПа. Температура в средних слоях почвы (30–33 и 50–53 см) составляла $0.6-0.7^{\circ}\text{C}$, в нижнем (70–73 см) – $1.4-1.5^{\circ}\text{C}$. К 00 часам 25 декабря значения потенциала понизились до 40, 32, 36 и 45 кПа в слоях 5–12, 30–37, 50–57 и 70–77 см. Температура почвы во всех слоях оставалась на прежних уровнях. Следовательно, в условиях резкого изменения (понижения) температуры почвы до отрицательных значений потенциал влаги может весьма существенно изменяться даже в течение нескольких часов.

В течение всего января температура поддерживалась на всех глубинах практически на прежних уровнях: $0.1-0.2$, $0.7-0.8$ и $1.4-1.5^{\circ}\text{C}$ в слое 5–8, 30–33, 50–53 и 70–73 см. К началу февраля она практически не изменилась, оставаясь на прежних уровнях во всех слоях почвы. Потенциал влаги также отмечается в интервале прежних значений, понизившись всего на 1–2 кПа в слоях 5–12, 30–37 и 50–57 см. И только в слое 70–77 см его значения понизились существенно (с 45 до 34 кПа).

Это понижение потенциала происходит за счет уменьшения содержания влаги, осуществляемое в результате передвижения ее вверх под действием градиента температуры к зоне промерзания или сильного охлаждения [3]. Резких или значительных изменений потенциала влаги в течение этих периодов не наблюдается.

Отличительной особенностью динамики потенциала влаги в позднеосенний и зимний периоды является прежде всего то, что наблюдается и повышение, и понижение потенциала (по абсолютной величине) при около нулевой температуре ($+0.2...0.0...-0.1^{\circ}\text{C}$). Другая особенность ее состоит в том, что при практически одинаковой температуре почвы (в области около нулевых ее значений) потенциал в различные даты сильно различается по величине. В то же время суточная динамика потенциала может различаться в течение одних суток на 30 и более кПа, а в отдельных случаях и в несколько раз. Это хорошо иллюстрируют следующие данные таблицы.

Так, с 00 час. 20 декабря до 00 час. 21 декабря температура почвы в слое 5–8 см понизилась от 0.2 до 0.0°C ; в слоях 30–33 и 50–53 см – в пределах $2.0-2.1$, а в слое 70–73 см – 3.2°C . Потенциал влаги в слое 5–12 см изменялся в течение суток таким образом: 41 кПа (0.00), 42 кПа (18.00), 200 кПа (24.00). Следовательно, за одни сутки величина потенциала возросла (с 41 до 200 кПа) в пять раз при весьма незначительном понижении температуры в этом слое почвы (с 0.2 до 0.0°C).

В дальнейшем (22 ноября 2014 г.) при понижении температуры от -0.1°C величина потенциала не изменилась и на уровне 200 кПа продержала оставаться вплоть до 19.12.2014, а через сутки (20.12.2014) при неизменной температуре (-0.1°C) понизилась до 123 кПа, а еще через сутки – до 99 кПа. Последовавшее за этим (25 декабря) небольшое повышение температуры до 0°C вроде бы привело к понижению потенциала до 40 кПа, а повышение температуры в дальнейшем до 0.2°C не оказало на потенциал никакого влияния и его значение на уровне 38–37 кПа наблюдается до 4 февраля 2015 г.

Отсюда, как отметили выше, следует, что небольшие изменения температуры в пределах нулевых её значений ($+0.2...0.0...-0.1^{\circ}\text{C}$) практически не влияют на величину потенциала влаги. Причина такого характера динамики потенциала заключается, вероятно, в изменении содержания влаги в зоне замерзания (или сильного охлаждения) почвы. Эти изменения в содержании влаги обусловлены как испарением (вымерзанием) влаги из слоя промерзания, так и подтоком ее из нижележащих более теплых и влажных слоев почвы [3]. Скорость этих процессов (мерзлотного испарения и подтягивания влаги) весьма невелика, поэтому требуется значительное время для накопления или уменьшения величины влаги до своего рода критической величины, после чего и происходит повышение или понижение величины потенциала. Интересно также и то, что в остальной толще почвы (8–73 см) значение потенциала в

течение этих суток не изменилось и находилось в пределах 29–40 кПа. Высокое значение потенциала (200 кПа) продолжало оставаться вплоть до 20 декабря.

С полуночи 20 на 21 декабря температура почвы в верхнем слое (5–8 см) продолжала оставаться на уровне 0.1 °С, в слое 50–53 см – в пределах 0.6–0.7 °С, а в слое 70–73 см – 1.5 °С. Значение потенциала в течение суток изменилось так: 123 кПа (0.00), 108 кПа (12⁰⁰), 101 (18⁰⁰) и 37 кПа (24⁰⁰). Отсюда потенциал влаги в течение одних суток понизился в три раза (с 123 до 37 кПа) при сохранении практически тех же самых значений температуры в слое 5–8 см (0.0...0.1 °С).

В дальнейшем потенциал влаги на всех глубинах почвы продолжает очень медленно понижаться. В верхнем слое (5–12 см) в продолжение месяца (5.02 по 5.03.2015) он уменьшился до 31 кПа (на 6 кПа), в слое 30–37 см – до 23 (на 5), в слое 50–57 см – до 24 (на 11) и в слое 70–77 см – до 23 кПа (на 11 кПа). Температура почвы за этот период практически не претерпела сколько-нибудь заметных изменений, составляя, как и ранее, величины в пределах 0.20–0.4 °С, 0.8–0.9, 0.7–0.8 и 1.3–1.4 °С соответственно в слоях 5–8 см, 30–33, 50–53 и 70–73 см.

Отмеченные выше медленные и незначительные понижения значений потенциала, так же как и значительные и быстрые, происходят в связи с увеличением содержания влаги в анализируемой толще почвы (0–77 см). Возрастание влаги в талой почве происходит после выпадения атмосферных осадков, а в замерзшей сверху (подмороженной) почве – путем подтягивания её из нижележащих более влагонасыщенных слоев. В зимний период с низкими положительными и отрицательными величинами температуры поток влаги из нижних, более теплых и влажных слоев почвы к фронту промерзания (или сильного охлаждения) осуществляется путем диффузии парообразной влаги. В талой почве с положительной динамикой температуры – в виде диффузии пара и в жидком виде. Движущей силой переноса влаги являются градиенты температуры и потенциала влаги.

Понижение потенциала влаги (при постоянной влажности) при повышении температуры объясняется возрастанием подвижности и активности влаги. Последние приводят к эффекту, аналогичному повышению ее содержания.

Итак, из всего изложенного следует, что при повышении температуры почвы потенциал влаги понижается, а с понижением ее температуры – повышается. Это происходит потому, что поверхностное натяжение воды уменьшается; повышение температуры воды от 0 до 50 °С вызывает уменьшение поверхностного натяжения воды 7.73 дн/см. Поскольку увеличение температуры обуславливает уменьшение поверхностного натяжения воды, то, следовательно, уменьшаются затраты энергии на извлечение единицы массы (объема) воды из почвы. Почвенная влага становится подвижной и активной. Степень изменения (повышение или понижение) потенциала зависит от содержания влаги и водно-физических свойств почвы.

Выводы

Степень изменения температуры почвы в течение суток невелика и лежит в пределах 1.5 °С в верхних и 0.4–0.3 °С в нижних слоях почвы, приближаясь к нулю с глубиной и стабилизацией содержания влаги. Изменения потенциала влаги в течение суток находятся в пределах 2–3 кПа. Наиболее высокие значения потенциала – в верхнем, 5–12 см, слое, в котором отмечена наибольшая потеря влаги на испарение. В условиях резкого изменения (понижения) температуры почвы до отрицательных значений потенциал влаги может весьма существенно изменяться даже в течение нескольких часов.

Все виды изменений потенциала (медленные и незначительные, быстрые и существенные) происходят в связи с изменением содержания влаги и температуры почвы. Понижение потенциала при повышении температуры (в условиях постоянной влажности) объясняется возрастанием подвижности и активности влаги. При практически одинаковой температуре почвы (в области около нулевых ее значений) потенциал в различные даты может сильно различаться по величине.

В зимний период с низкими положительными и отрицательными величинами температуры поток влаги из нижних, более теплых и влажных слоев почвы, к фронту промерзания (или сильного охлаждения) осуществляется путем диффузии парообразной влаги. В талой

почве с положительной динамикой температуры – в виде диффузии пара и в жидком виде. Движущей силой переноса влаги являются градиенты температуры и потенциала влаги.

Литература

1. Глобус А. М. Почвенно-гидрофизическое обеспечение агроэкологических моделей. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 427 с.
2. Мажайский Ю. А. Обоснование режимов комплексных мелиораций в условиях техногенного загрязнения агроландшафта. – М., 2002. – 456 с.
3. Муромцев Н. А. Мелиоративная гидрофизика почв. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 272 с.
4. Муромцев Н. А., Анисимов К. Б. Некоторые особенности формирования водного режима дерново-подзолистой почвы на различных элементах геоморфологической катены // Бюл. Почвенного ин-та. – 2014. – № 77. – С. 78–93.
5. Руководство по монтажу и использованию автоматической метеостанции «VantagePro 2». – Гавард, 2009. – 63 с.
6. Durner W., Or D. Soil Water Potential Measurement // Encyclopedia of Hydrological Sciences. – Apr. 2006. – P. 1–14.

УДК 662.997.004.14

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ

В. А. Насибяни, М. Н. Шаммедов,

*Туркменский сельскохозяйственный университет им. С. А. Ниязова,
г. Ашхабад, Туркменистан*

Одной из важнейших задач по развитию сельского хозяйства является увеличение производства животноводческой продукции и повышение производительности труда. В реализации этой сложной проблемы большая роль отводится дальнейшему развитию кормопроизводства. Главная задача кормопроизводства – разработка теоретических основ и практических приемов получения высоких и устойчивых урожаев кормовых культур и создание на этой основе прочной высококачественной и развивающейся кормовой базы животноводства, применение прогрессивной технологии для лучшего сохранения ценных питательных свойств зеленых кормов. Наряду с внедрением передовых приемов агротехники возделывания кормовых культур должны усовершенствоваться и способы их консервирования.

Важным местным источником витаминов и протеина служит зеленая масса сеяных и естественных трав. Задача состоит в том, чтобы ценные питательные достоинства травы максимально сохранить при заготовке кормов на зимний период.

В районах с сухим климатом наиболее распространен метод естественной сушки трав в поле как более дешевый и простой. Но длительная сушка тонким слоем в прокосах неизбежно связана с большими потерями листьев, а также значительной части каротина (до 75 %), а при более длительном ее пребывании в прокосах – до 96 %.

Один из эффективных методов консервации – искусственное обезвоживание – самый прогрессивный промышленный метод, позволяющий сохранить питательную ценность корма и большую часть витаминов на высшем уровне. Поэтому, несмотря на сравнительно высокую стоимость переработки и значительные затраты энергии, отмечается общий рост производства кормов с применением искусственной сушки. Однако доля кормов из трав, заготовленных методом искусственной сушки в мировом производстве, не превышает 2 %, что обусловлено высокой стоимостью топлива.

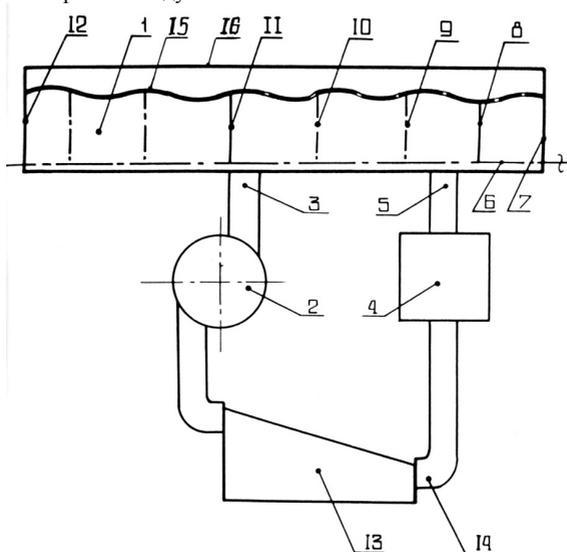
В настоящее время в баланс себестоимости кормов более трети занимают расходы на топливо, с удорожанием которого доля расходов поднимется еще выше. Для снижения расходов топлива при высокотемпературной сушке трав рекомендуется снизить влажность подаваемой зеленой массы до 60–65 %, для чего провяливают свежескошенную траву. Но в результате провяливания снижается содержание каротина (провитамина А), который разлагается под действием солнечных лучей, ухудшается качество питательности корма.

Экономия энергии при сушке сельскохозяйственной продукции – проблема социальной значимости, актуальность которой обусловлена истощением запасов органического топлива при постоянном росте энергопотребления во всех странах.

Географическое расположение и климат нашей страны дают неограниченные возможности для использования солнечной энергии в сельскохозяйственном производстве.

Возможности использования солнечной энергии для искусственной сушки трав способствует тот факт, что сезон сушки совпадает с периодом наибольшего солнечного сияния. В частности, в Туркменистане этот период характеризуется высокой температурой (30...48 °С) и низкой относительной влажностью (5...18 %) окружающей среды, интенсивной солнечной радиацией (до 800×10^6 Дж/м² в месяц).

Для снижения расходов топлива и улучшения качества корма предложена гелиоустановка для сушки трав (рис.). При ее разработке был использован принцип сушки зеленой массы в противотоке горячего воздуха.



Гелиоустановка для сушки трав

Принцип работы гелиоустановки следующий: после измельчения зеленая масса засыпается перед входом в сушильную камеру 1 в ячейки, образованные сеткой конвейера и пластинами 8–11. При прохождении сплошной пластины 11 кромки нагнетательного патрубка 3, сплошная пластина 8 войдет во вход 7 сушильной камеры. После этого образуется герметичное пространство, ограниченное сплошными пластинами и сушильной камерой. Нагнетательным вентилятором 2 через нагнетательный патрубок 3 в это пространство подается нагретый в воздушно-солнечном коллекторе 13 до 80–100 °С воздух, который проходит через сетку транспортера, заполненную зеленой массой, и далее всасывается патрубком 5 вытяжного вентилятора 4. Движение транспортера при этом осуществляется в противотоке горячего воздуха, что способствует интенсификации теплообмена, снижению времени сушки. При прохождении сплошной пластины 8 от всасывавшего 5 до нагнетательного 3 патрубка вход 7 и выход 12 сушильной камеры 1 свободны. Вентиляторы друг от друга изолированы сплошной пластиной и сообщены с атмосферой. Нагнетательным вентилятором 2 производится досушка горячим воздухом зеленой массы в попутном направлении движения ячеек в сушильной камере, а вытяжным вентилятором 4 продолжается сушка в вертикальном направлении воздухом, нагретым в дополнительном воздухонагревателе, которым служит по-

верхность сушильной камеры. Отработанный увлажненный воздух пропускают через рециркуляционный теплоизолированный воздуховод 14, тем самым обеспечивая циркуляцию по замкнутому кругу. Для интенсификации процесса сушки материалов с различными физико-механическими свойствами необходимо выбирать размеры ячеек.

Исследования солнечной сушилки проводились в течение 5 лет на экспериментальной базе Туркменского НИИ животноводства и ветеринарии, на полигоне Туркменского педагогического института и в совхозе «Бахарден» Бахарденского района Ашхабадской области.

Согласно разработанной методике гелиоустановка была подвергнута экспериментальным исследованиям, в ходе которых определено изменение влажности и содержания каротина в люцерне при сушке. Химические анализы показали, что в результате сушки люцерны на гелиоустановке получено сено высокого качества и травяная резка влажностью 12 % с содержанием каротина 249,2 мг/кг. При правильном хранении полученное сено не гниет, имеет зеленый цвет и хороший запах. Потери каротина при хранении – не более 5 %.

Как показали проведенные эксперименты, даже при понижении температуры окружающей среды до 15...20 °С температура внутри воздушно-солнечной сушилки остается достаточно высокой. Это подтверждается и теоретическими расчетами. В пасмурные дни температура в сушилке поддерживается за счет рассеянной радиации.

Экономический эффект от внедрения гелиоустановки для сушки трав в кормопроизводстве будет заключаться в повышении качества корма и, главное, за счет полной ликвидации расходов топлива, что, в свою очередь, позволит увеличить поголовье скота в стране и соответственно продуктов животноводства, что является неотъемлемой частью решения продовольственной программы Туркменистана.

УДК 662.997.004.14

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГЕЛИОУСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ ТРАВ

В. А. Насибяни, М. Н. Шаммедов,

*Туркменский сельскохозяйственный университет им. С. А. Ниязова,
г. Ашхабад, Туркменистан*

Экономия энергии при сушке сельскохозяйственной продукции является проблемой социальной значимости, актуальность которой обусловлена истощением запасов органического топлива при постоянном росте энергопотребления во всех странах.

Разработанная нами солнечная конвективная сушилка относится к низкопотенциальным установкам, основанным на принципе «горячий ящик», рассчитанная на работу с теплоносителем, имеющим низкую температуру, порядка 70–100°, но подаваемым под давлением. Воздушно-солнечный коллектор сушилки является самостоятельным агрегатом, служащим для нагрева теплоносителя, подаваемого в сушильную камеру.

Расчет основных параметров сушилки производим, исходя из заданной производительности по сухому материалу (M_2) с начальной (ω_1) и конечной влажностью (ω_2).

Расчет потребной площади поверхности остекленного воздушнонагревателя производим по потребному количеству тепловой энергии.

Удельная поверхность гелиовоздушнонагревателя определяется из выражения

$$f = \frac{q}{q_{\text{пол}}},$$

где $q_{\text{пол}}$ – количество солнечного тепла, которое может быть полезно использовано в «горячем ящике» на нагрев теплоносителя, кДж/м²·ч.

$$q_{\text{пол}} = q_{\text{пад}} - \sum q_{\text{пот}},$$

где $q_{\text{пад}}$ – количество солнечного тепла, падающего на поверхность «горячего ящика», кДж/м²·ч; $\sum q_{\text{пот}}$ – все потери, сопутствующие работе гелиовоздушнонагревателя, кДж/м²·ч.

Расчеты показали, что для сушки люцерны до влажности готовой массы 14 % с произ-

водительностью 500 кг/ч сухого корма при помощи остекленного воздушного коллектора потребуется около 500 м² площади обогрева, то есть площадь сравнительно небольшого производственного здания или даже только его крыши.

Используя данные теплотехнического и конструктивного расчетов и соотношения размеров установки, определяем параметры транспортера и сушильной камеры (табл.).

Параметры транспортера и сушильной камеры

Производительность транспортера, т/ч	1,6
Длина ленты (сетки), м	20
Ширина ленты (сетки), м	0,8
Скорость движения ленты транспортера, м/с	0,005
Мощность транспортера, кВт	2,5...3,0
Длина сушильной камеры, м	18
Расстояние между сплошными пластинами, м	11
Расстояние между патрубками вентилятора, м	4

С учетом предложенной методики произведен расчет опытной гелиоустановки производительностью 100 кг/ч, которая исследована в производственных условиях для сушки люцерны с использованием солнечной энергии. Результаты экспериментальных исследований гелиоустановки подтвердили правильность разработанных методических положений.

По данной методике могут быть определены теплотехнические и конструктивные параметры гелиоустановки любой производительности. Экономический эффект от внедрения гелиоустановки для сушки трав в кормопроизводство будет заключаться в повышении качества корма, и, главное, за счет полной ликвидации расходов топлива, что, в свою очередь, позволит повысить поголовье скота в стране и соответственно продуктов животноводства, а это является неотъемлемой частью решения продовольственной программы Туркменистана.

УДК 631.615

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

А. В. Нефедов, Н. А. Иванникова,

Мещерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,

г. Рязань, Российская Федерация

По мере экологизации земледелия происходит усиление природоохранных функций мелиорации. Режимы увлажнения сельскохозяйственных культур должны отвечать требованиям водосбережения, гумусообразования, исключать потери воды на поверхностный сток и глубинную фильтрацию. Для поддержания агроценоза в устойчивом экологическом состоянии в системе управления технологическим процессом был предусмотрен блок анализа, оптимизации технологических режимов и принятия решений по модернизации технологического регламента производства сельскохозяйственной продукции [1].

Анализ технологического процесса на примере режимов орошения многолетних трав по урожайности и водному обмену представлен в таблицах 1 и 2.

Результаты применения имитационной модели агроценоза для анализа влияния орошения на урожайность и некоторые экологические параметры состояния внешней среды по-

казали удовлетворительную адекватность модели в отображении процессов, протекающих в агроценозе при формировании урожая под влиянием технологических факторов [1, 2, 3].

Таблица 1. Сравнение фактической и расчетной урожайности многолетних трав в зависимости от оросительной нормы по засушливому году

№ варианта	Оросительная и поливная норма, м ³ /га	Вид данных	Урожайность по укосам, т/га		
			1-й укос	2-й укос	3-й укос
1	Без полива	эксперимент	1.51	1.40	0.49
		расчет	1.53	1.49	0.34
2	1500	эксперимент	3.11	2.79	1.01
	150	расчет	3.46	2.49	1.13
3	2250	эксперимент	4.44	2.82	1.79
	250	расчет	4.13	2.29	1.55
4	2750	эксперимент	4.51	2.92	1.81
	250	расчет	4.17	2.51	1.93
5	3000	эксперимент	3.82	2.81	1.79
	300	расчет	3.87	2.57	1.97

Таблица 2. Составляющие водного баланса агроценоза многолетних трав за вегетационный период по засушливому году

№ п/п	Осадки, мм	Оросительная норма, мм	Лизиметрические данные			Результаты имитационных экспериментов				
			Влагозапас почвы, мм	Сумм. испар, мм	Инфильтрация, мм	Влагозапас почвы, мм	Эвапорация, мм	Транспирация, мм	Инфильтрация, мм	Поверхностный сток, мм
1	224	0	54	272	3	48	178	94	-11	5
2	224	150	61	415	20	42	162	223	23	9
3	224	225	47	468	21	47	132	327	28	13
4	224	275	28	509	68	51	127	351	56	18
5	224	300	61	506	65	46	137	327	71	39

Сотрудниками Мешерского филиала ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова установлено, что даже наиболее щадящий из исследованных режимов орошения (оросительная норма 2250 м³/га), тем не менее, за трехлетний период приводит к заметному росту гидролитической кислотности серой лесной почвы, связанному с усилением выщелачивания кальция инфильтрационным стоком воды при орошении [1, 4]. Подтверждением могут служить данные почвенного анализа орошаемого и неорошаемого варианта опыта после трехгодичного использования (табл. 3).

Таблица 3. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы после трехгодичного использования

Вариант опыта	pH _{KCl}	H _r	S	E	V, %
		ммоль/100г почвы			
Контроль без орошения	6.1	4.85	18.0	22.85	78.8
Орошение, оросительная норма 2250 м ³ /га	6.0	5.35	16.0	21.35	74.9

Анализ данных (табл. 3) показывает, что при орошении в пахотном слое почвы происходит увеличение гидролитической кислотности на 0.5 ммоль/100 г почвы и снижение суммы поглощенных оснований на 2.0 ммоль/100 г почвы. Это свидетельствует о процессе за-

мещения обменных катионов в ППК на ионы водорода. При существовании корреляционной связи между гидролитической кислотностью и pH_{KCl} солевой вытяжки последняя существенно не изменилась (от 6.1 до 6.0), что указывает на высокую степень насыщенности почвы основаниями (78.8–74.9 %) и высокую емкость поглощения (22.85–21.35 ммоль/100 г). Однако накопление существующих изменений в конечном счете может привести к подкислению почвы. Допустимый вынос кальция из пахотного слоя почвы определяется началом стабильного сдвига в сторону увеличения кислотности почвенного раствора, что будет характеризовать снижение устойчивости буферной системы почв и, в свою очередь, создавать проблему борьбы с химическими загрязнениями почвы и производством безопасных продуктов питания.

В связи с этим для снижения антропогенной нагрузки на почву научными сотрудниками Мещерского филиала Всероссийского НИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова в сценарных исследованиях с использованием имитационной модели многолетних трав получен модифицированный режим орошения, обеспечивающий близкую (статистически неразличимую) продуктивность с лучшим вариантом режима орошения (оросительная норма 2250 м³/га) и при значительном снижении объема инфильтрационного стока. В искомом модифицированном режиме орошения назначение поливов (управление орошением) ориентировано на показатели не только продуктивности, но и водного обмена агроценоза, контролируемого с помощью модели по текущим технологическим и агрометеорологическим параметрам в оперативном режиме [5].

Сравнение результатов расчетов по данному варианту режима орошения с вариантами оросительных норм 1500 и 2250 м³/га (рис. 1, 2 и табл. 4) показало, что в модифицированном варианте орошения инфильтрация влаги в грунтовые воды составила 17,7 мм. По отношению к этому объему стока инфильтрация во 2-м варианте режима орошения (23 мм) на 30 %, а 3-м (28 мм) на 58 % выше, чем в модифицированном. При этом урожайность многолетних трав при модифицированном режиме орошения на 10,6 % выше, чем в варианте 2, и на 1,8 % ниже, чем в варианте 3 (по метеоусловиям засушливого года).

Таблица 4. Сравнение расчетных и экспериментальных данных по урожайности и инфильтрационному стоку для различных вариантов орошения

Варианты опыта, №	Оросительная норма, м ³ /га	Годы по естественной влагообеспеченности:					
		засушливый		средний		влажный	
		Урожайн., т/га	Инfiltr., мм	Урожайн., т/га	Инfiltr., мм	Урожайн., т/га	Инfiltr., мм
2. (эксп.)	1500	6.91	20.0	7.35	16.0	7.4	15.0
(расчет)		7.08	23.0	7.2	21.0	7.1	17.6
Модифицир. (расчет)	2000	7.83	17.7	8.4	16.5	8.5	21.3
3. (эксп.)	2250	9.05	21.0	8.95	25.0	8.7	27.0
(расчет)		8.97	28.0	8.47	28.4	8.85	32.0

Статистическая обработка результатов полевых опытов и численных экспериментов показывает, что по любому из вариантов орошения между расчетными и экспериментальными данными (при значительном отклонении средних значений по урожайности, например, в варианте № 3 – 8.95 и 8.47), достоверного отличия по урожайности многолетних трав не обнаружено (доверительные интервалы перекрывают средние значения, $HCP_{05} = 0.51$).

По результатам многолетних данных урожайность в опыте с модифицированным режимом орошения на 16 % выше, чем в опыте при орошении (вариант № 2) оросительной нормой 1500 м³/га, и на 3–8 % ниже, чем в варианте № 3. При этом инфильтрационный сток при модифицированном режиме орошения статистически достоверно не отличается от средней величины инфильтрационного стока 2-го варианта орошения (1500 м³/га) и на 24–37 % меньше, чем в варианте № 3.

Полученные результаты показывают возможность эффективного управления технологическим процессом при использовании агроэкологической мониторинговой информации

и динамической модели агроценоза (для ее анализа) и последующей выработки технологических вариантов решений.

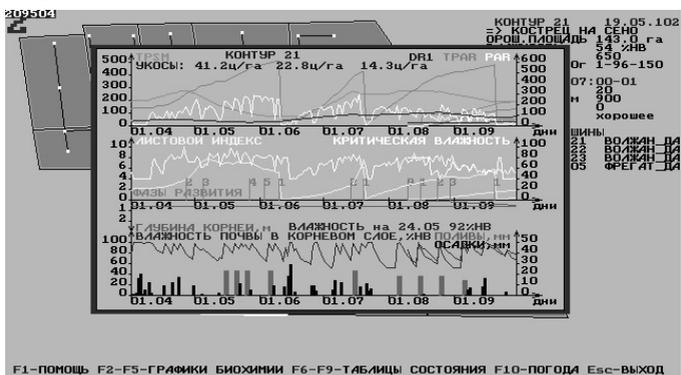


Рис. 1. Результаты численного эксперимента по влиянию модифицированного режима орошения (оросительная норма = 2000 м³/га = (поливная норма, м³/га, x количество поливов, шт.) = [(250x5) + (200x3) + 150])

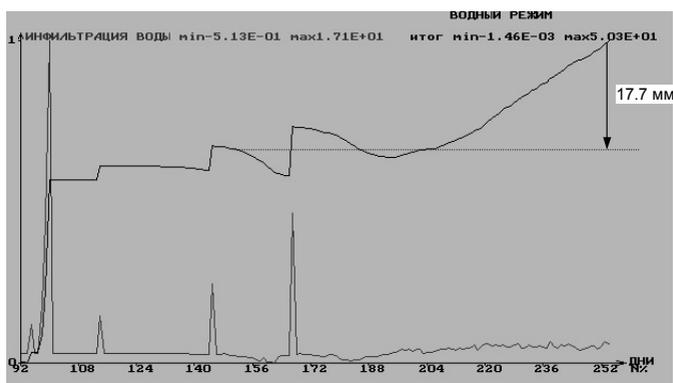


Рис. 2. Динамика инфильтрационного стока влаги при модифицированном режиме орошения (оросительная норма 2000 м³/га)

Заклучение

Таким образом, использование системы управления технологическим процессом в растениеводстве, включающей компоненты агроэкологического мониторинга, модель почвенного плодородия и динамическую модель агроценоза, позволяет контролировать экологическое состояние компонентов агроландшафтов, в том числе агроэкосистем, оптимизировать технологический процесс в направлении как снижения антропогенной нагрузки на природные составляющие, так и повышения эффективности технологии выращивания сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Добрачев Ю. П., Рудь И. А., Нефедов А. В. Имитационная модель агроценоза как инструмент мониторинга состояния почвенного покрова // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий : сб. науч. тр., посв. 50-летию юбилею Мещерского филиала ГНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» / под общ. ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань, 2004. – С. 539–543.

2. Добрачев Ю. П., Нефедов А. В. Вынос биогенных элементов в грунтовые воды // Там же. – С. 446–448.
3. Мещеряков М. П., Тютюма Н. В. Обоснование применения ресурсосберегающих способов полива // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2010. – № 1. – С. 15–17.
4. Нефедов А. В. Ресурсосберегающие и экологически безопасные режимы орошения многолетних трав в Южной зоне Нечерноземья : дис. ... канд. с/х наук. – Рязань, 2001.
5. Добрачев Ю. П., Ильинко А. В. Корректность определения оптимальных мелиоративных режимов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 10–12.

УДК 631.6:626

МЕЛИОРАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ РОЛИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. В. Нефедов, Н. А. Иванникова,

*Мещерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация*

Нечерноземная зона РФ, куда входит и Рязанская область, относится к зоне неустойчивого увлажнения. В этой ситуации получения гарантированных и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур можно добиться только с устройством мелиоративных систем [1, 2, 3]. В своем докладе на совещании по вопросам развития сельского хозяйства Центрального Нечерноземья 28.07.2016 министр сельского хозяйства России А. Н. Ткачев отметил четыре основных направления для развития растениеводства в Нечерноземной зоне РФ. Первое – возвращение пустующих земель сельскохозяйственного назначения в оборот. Второе – проведение осушительных мелиоративных работ. Третье направление – комплексное агрохимическое оздоровление почвы. Четвертое – обновление парка сельскохозяйственной техники [4].

В Рязанской области до 1990 г. активно проводились мелиоративные работы по осушению переувлажненных сельскохозяйственных угодий, орошению овоще-кормовых севооборотов, сенокосов и пастбищ, в больших объемах велись культуртехнические работы [5].

По данным учета ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоза», на 01.01.2017 в Рязанской области общая площадь (брутто) мелиорированных земель составляет 125,0 тыс. га, в том числе сельскохозяйственные угодья – 112,4 тыс. га, или 89,9 %. Орошаемых земель – 28,4 тыс. га, в том числе площади орошаемых сельскохозяйственных угодий – 27,5 тыс. га, которые по причине неисправности внутрихозяйственной оросительной сети не поливаются. Площадь осушенных земель в регионе, находящихся в учете, в пределах 96,6 тыс. га, в том числе площадь осушенных сельскохозяйственных угодий – 84,9 тыс. га. Не использовалось в сельскохозяйственном производстве 66,6 тыс. га, или 78,5 %. Осушенные площади, на которых требуется восстановление осушительных систем, составили 74,1 тыс. га, в том числе реконструкции коллекторно-дренажной сети 34,3 тыс. га; проведение культуртехнических работ требуют 35,6 тыс. га.

Мелиоративный фонд Рязанской области – это 286 мелиоративных систем, в том числе оросительных 101, осушительных 185. Балансовая стоимость всех элементов мелиоративных систем по учетным данным (паспортизация) составляет – 3196,3 млн рублей, из них включены в реестр объектов недвижимого имущества федеральной собственности и находятся в оперативном управлении ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоза» 17,9 %, порядка 1,9 % – в бессрочном пользовании и стоят на балансе сельхозпроизводителей. По остальным объектам мелиоративных систем, а это около 80 % от общей стоимости, балансодержатель не установлен. Речь идет, в основном, о мелиоративном фонде, который относится к внутрихозяйственной сети. В федеральной собственности остались только крупные гидротехнические сооружения, магистральные каналы и элементы межхозяйственных (межрайонных) сис-

тем. Мелиоративные системы общего и индивидуального пользования, а также земли, находящиеся в зоне их влияния, перешли в пользование субъектов Российской Федерации, муниципалитетов и сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Основные мелиоративные фонды осушительных и оросительных систем Рязанской области изношены на 60–100 %. Полный 100%-ный износ имеют 443 (48 %) объекта и элементов мелиоративных систем, находящихся в оперативном управлении ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз».

Многолетнее отсутствие должной технической эксплуатации элементов систем (реконструкция не проводилась более 25 лет) привело к снижению пропускной способности транспортирующей сети и водоприемников: откосы каналов заросли древесно-кустарниковой растительностью, русло заилено донными отложениями на 40 % проектного профиля, а отдельные участки – на 60–70 %. Окашивание каналов не проводится, в русле каналов активно развивается гидрофильная растительность [6].

Товаропроизводители, в ведение которых перешли мелиоративные системы общего и индивидуального пользования, а также земли, находящиеся в зоне их влияния, оказались неготовыми к эффективному использованию ранее мелиорированных земель и квалифицированной эксплуатации мелиоративных систем. В результате мелиоративные системы стали ненужными из-за сокращения потребности в кормовой базе для животноводческого сектора региона, производство плодоовощной продукции на орошаемых и осушенных землях по ряду причин стало нерентабельным, у большей части сельхозпроизводителей недостаточно средств на восстановление и эксплуатацию внутрихозяйственной сети мелиоративных систем.

ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз» делает все максимально возможное для поддержания мелиоративных систем в должном порядке в рамках выделяемых средств.

За счет субсидий и целевых средств, выделенных Министерством сельского хозяйства РФ в 2014–2016 гг., проведены ремонтные работы ГТС на 8 гидроузлах, находящихся в оперативном управлении ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз»: ГТС пруда на р. Рака Рязанского района, р. Аксень, р. Лучка Ухоловского района, р. Тарадей Шацкого района, р. Сенка Сасовского района, р. Яропол, р. Лубянка Михайловского района, ГТС пруда на балке Озерки Чучковского района Рязанской области. В соответствии с Федеральным законом № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» для 9 гидроузлов разработаны декларации безопасности и получены разрешения Приокского управления Ростехнадзора на эксплуатацию ГТС водоподпорных гидроузлов.

Для отвода избыточного вод с осушаемой территории, предотвращения подтопления земель сельскохозяйственного назначения ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз» проводит работы по очистке русла магистральных каналов от донных отложений и древесно-кустарниковой растительности.

Основные направления развития мелиорации Рязанской области, где поставлены тактические цели и задачи, определены целевые индикаторы, объемы и источники финансирования мероприятий по развитию аграрного сектора экономики и сельских поселений, разработаны согласно ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы».

В соответствии с региональной подпрограммой «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Рязанской области на 2014–2020 годы» с 2014 по 2016 год сельхозтоваропроизводителями введено в эксплуатацию мелиорируемых земель (орошаемых) 1002 га (ООО «АгроСоюз Спасск» – 700 га; ООО «Агрохолдинг Шилковский» – 239 га; ООО «Авангард» – 63 га). Вовлечено в оборот выбывших сельскохозяйственных угодий за счет проведения культуртехнических мероприятий 12 943 га.

В 2017 году ООО «Агрохолдинг Шилковский» планирует ввести в эксплуатацию за счет проведения гидромелиоративных мероприятий (строительство оросительной системы) 190 га мелиорированных земель для производства картофеля. Сумма инвестиций составляет 21,0 млн рублей.

В рамках выполнения ФЦП в текущем году предусмотрено проведение культуртехнических мероприятий на мелиорированных землях на площади 2,7 тыс. га, а культуртехни-

ческие мероприятия с применением мелиорантов планируется провести на площади 1,5 тыс. га. Сумма инвестиций составит 10,0 млн рублей.

По указанным и многим другим причинам сокращаются площади мелиорированных земель региона, что снижает гарантированное производство сельскохозяйственной продукции и обостряет экологические проблемы. Поэтому в настоящее время для повышения роли мелиоративных систем Рязанской области необходимо:

1. Провести полный кадастровый учет, определить реальную стоимость существующих систем, затраты на их восстановление и целесообразность использования. Определить механизмы участия частных инвесторов в развитии мелиорации, расширения возможности для привлечения средств частных инвесторов.

2. Уточнение правового статуса мелиорированных земель и положения о порядке учета прав на них. Разработать критерии отнесения земель к мелиоративным, механизмы перевода земель из категории немелиорированных в мелиорированные, и наоборот.

3. Решить вопрос балансовой принадлежности бесхозных мелиоративных систем и внутрихозяйственной мелиоративной сети. Определить принципы, на основе которых должна разграничиваться собственность на мелиоративные системы (федеральная, региональная, местного самоуправления, частная собственность). Уточнить нормы ответственности собственников (арендаторов и пр.) мелиоративных систем за нарушение законодательства в области создания (строительство, реконструкция, техническое перевооружение, модернизация) и эксплуатации мелиоративной сети, отдельно расположенных ГТС и эффективного использования мелиорированных земель.

4. Создать специальные механизированные отряды (по типу МТС) по технической эксплуатации и ремонту мелиоративных систем и укомплектовать их необходимой техникой. Организовать на базе Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева подготовку кадров всех уровней для мелиоративной отрасли.

Литература

1. Дубенок Н. Н. Научное обеспечение развития мелиорации // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России (Костяковские чтения) : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (20–21 марта 2013 г.). – М.: Изд-во ВНИИА, 2013. – С. 3–7.
2. Владыченский С. А. Сельскохозяйственная мелиорация почв. – М.: Моск. ун-т, 1972. – 393 с.
3. Голченко М. Г., Стельмах Е. А., Арент К. П. Оптимизация орошения в Нечерноземной зоне. – Горки, 1993. – 89 с.
4. Доклад министра сельского хозяйства России А. Н. Ткачева на совещании по вопросам развития сельского хозяйства Центрального Нечерноземья. 28.07.2016. – URL: www.mcx.ru
5. Лисюгин В. А. Роль ученых Мещерского филиала ГНУ ВНИИГиМ в развитии мелиорации Мещерской низменности // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты мелиоративных технологий : сб. науч. тр. – Вып. 2 – Рязань: ГНУ ВНИИГиМ, 2006. – С. 11–14.
6. Кузин А. В. Нефедов А. В., Иванникова Н. А. Экологическое состояние осушительных мелиоративных систем в Рязанской области // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : материалы 68-й Междунар. науч.-практ. конф. – Рязань: Изд-во РГАТУ, 2017. – Ч. 1. – С. 376–380.

УДК 633.2/3.03(213.52)(470.46)

СОРТОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КАК БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ПАСТБИЩ В СИСТЕМЕ БОГАРНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

М. Ю. Пучков, М. А. Лысаков,

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства, г. Камызяк, Астраханская область, Российская Федерация

Введение. Растительность бугров Бэра западно-ильменно-бугрового ландшафта несет следы интенсивного антропогенного воздействия. Коренная прутняково-житняковая-

белополюнная ассоциация заменяется преимущественно растительностью, которая возникла вследствие восстановительных сукцессий и представляет на данный момент деградированный вариант коренной растительности, что ухудшает ее кормовой потенциал, так как на смену многолетним злакам пришли виды эфемерной растительности, малоценные в кормовом отношении [1–6, 11]. В связи с этим необходимо искусственное введение в деградированный вариант растительного сообщества культурных аналогов многолетних злаковых трав – житняка пустынный сорт «Прикаспийский» (*Agropyron desertorum* (Fisch. ex Link) Schult.) и сорт ломкоколостника ситникова (*Psathyrostächys juncea* (Fischer) Nevski) «Марфинский», что является своевременно и актуально [7–9].

Цель исследования: изучение динамики сезонного распределения пастбищных кормов Западных подстепных ильменей Прикаспия на основе вводимых, видов и сортов многолетних злаков – житняка узкоколосого сорт «Прикаспийский» (*Agropyron desertorum* (Fisch. ex Link) Schult.) «Прикаспийский», ломкоколостника ситникова (*Psathyrostächys juncea* (Fischer) Nevski) сорт «Марфинский».

Теоретическая и методологическая основа исследований. В результате проработанной литературы была создана концепция сезонной динамики растительного покрова пастбищ западного ильменно-бугрового ландшафта. Полевые исследования проводились согласно общепризнанным методикам. Материалом для исследований служили представители местной флоры житняка узкоколосый (*Agropyron desertorum*), ломкоколостник ситниковый (*Psathyrostächys juncea* (Fischer) Nevski) и их культурные аналоги сорта селекции ВНИИОБ житняка узкоколосого (*Agropyron desertorum*) «Прикаспийский», ломкоколостника ситникова (*Psathyrostächys juncea* (Fischer) Nevski) «Марфинский».

Результаты исследования и их обсуждения. Территория Западных подстепных ильменей Прикаспия занимает площадь около 800 тыс. га. Как и остальные районы полупустыни Прикаспия – Сарпинская низменность, Черные земли, восточные склоны Ергеней и т. д. – большая их часть пользуется как естественные пастбища и сенокосы. Особенностью этой территории является наличие здесь вытянутых с востока на запад бугров Бэра, особых элементов рельефа, происхождение которых не выяснено, где в межбугровых понижениях находятся соленые или пресные ильмени, представляющие собой остатки когда-то здесь находившейся дельты Волги. Наряду с солонцеватостью почв эти ильмени создают своеобразный микроклимат, влияющий на состав коренного травостоя, дающий самый дешевый и самый сбалансированный корм.

В середине пятидесятых годов прошлого века Прикаспийской экспедицией МГУ проводилось комплексное изучение растительных ресурсов в различных ландшафтно-географических зонах Прикаспийской низменности. в том числе состояние ее пастбищного хозяйства. Согласно литературным источникам [3, 4, 6] злаки в зоне Западных подстепных ильменей и прилегающих к ним территориях составляли уже около 45 % биомассы травостоя, их в значительной степени вытеснили однолетние солянки, бурьянистое разнотравье и различные виды эфемеров. В настоящее время на этих землях сотрудниками ВНИИОБ проводятся всесторонние полевые исследования современного мелиоративного состояния деградированных и опустыненных пастбищ, вышедших из хозяйственного использования. Ведется мониторинг влияния антропогенного фактора на состояние растительного покрова и его динамику с целью разработки технологии восстановления здесь полноценной кормовой базы животноводства и возврат этих земель в пастбищный оборот [4, 5, 7–9, 11].

Исследования показали, что состав травостоя пригоден для самых различных видов сельскохозяйственных животных: крупного рогатого скота, лошадей, овец, коз, верблюдов. Пастбища этой территории обладают многими признаками, особо благоприятными для животноводства. Наличие в составе травостоя трех ботанических групп видов растений, резко различных по своим биологическим качествам и кормовым свойствам – злаков, полыней и сухих солянок, позволяет получать корма высокой питательной ценности почти в течение всего года.

Отсутствие снегового покрова дает возможность широко использовать зимний выпас скота, который в наименьшей степени угнетает растительность пастбищ. Зимнему выпасу

скота благоприятствуют здесь и почвы – рыхлые, песчаные и супесчаные, которые не поддаются гололедице. Питательная ценность подножного корма в условиях полупустыни определяется его ботаническим составом и сроками созревания. Раньше всех с наступлением первого весеннего тепла начинают вегетацию злаки. Это самый высокопитательный и поедаемый подножный корм, от которого в наибольшей степени зависит упитанность животных и его мясная продуктивность. Однако нарастание кормовой массы у злаков заканчивается в основном к июню, когда они находятся еще в зеленом или в слабо подсыхающем состоянии. Поэтому основную массу злаков можно использовать лишь в относительно короткий период их лучшей поедаемой и наибольшей их питательной ценности. В дальнейшем злаки подсыхают, резко уменьшается их питательная ценность и поедаемость животными. Полыни начинают вегетировать почти одновременно со злаками, но развиваются они медленнее, полное нарастание их кормовой массы происходит лишь к осени, тогда же достигается их максимальная кормовая ценность и поедаемость. Сухие солянки представлены здесь главным образом прутняком и камфоросмой, которые развиваются аналогично полыням, но не прекращают своего роста и в период летней засухи. В отличие от полыни сухие солянки удовлетворительно поедаются не только осенью и зимой, но и летом, восполняя тем самым общий недостаток пастбищных кормов в наиболее критический период летней засухи. Таким образом, вследствие очень раннего пересыхания злаков и плохой поедаемости полынней летние месяцы являются наиболее неблагоприятным временем для содержания скота на подножном корме, и эта негативная тенденция продолжает сохраняться. В результате антропогенного давления процессов опустынивания и деградации ухудшается и общее хозяйственное состояние пастбищ.

Так, из злаков здесь вовсе исчез ковыль, редкими стали такие ценные пастбищные травы, как житняк, пырей, типчак и др., их в значительной степени вытесняли эфемеры и эфемероиды – костер кровельный, костер растопыренный, мятлик луковичный, мортук и другие виды злаковой растительности, которые хотя и представляют кормовую ценность, но очень быстро проходят период вегетации, являются бескорневыми злаками с неглубоким залеганием узла кущения и плохо противостоят ветровой эрозии и скотосбою. Такие непоедаемые и получившие широкое распространение эфемеры, как ферула, кудрявец пушистый, в ботанических описаниях 30–40-х годов прошлого века отмечались здесь лишь единично. Изменился и видовой состав солянок. В частности, уменьшилась площадь лохни и камфоросмы и увеличилось участие в травостое малоценных однолетних солянок, например однолетней солянки курая, поедаемой только верблюдами осенью. Проводившиеся здесь в 90-е годы прошлого века ботанические исследования [4, 6] показали, что в ботаническом составе травостоя тогда явно доминировали злаки, их общий годовой запас в составе пастбищных кормов составлял в среднем около 60 %. В летне-осенний период, когда злаки пересыхают и снижается общий запас биомассы травостоя, полыни и сухие солянки составляли до 90 % пастбищного корма. Такие особенности сезонного распределения хозяйственно-ботанических групп пастбищной растительности обеспечивали емкость пастбищ, достаточную для содержания не только собственного скота, но и для других отдаленных районов Прикаспия.

Изучение в течение нескольких лет ботанического состава травостоя на опытном полигоне в условиях бурых солонцеватых почв Бэровских бугров показывает, что на бывших пастбищах естественное восстановление растительности если и происходит, то сопровождается нежелательной сменой видового состава травостоя. Пастбищная растительность здесь практически вытеснена обильно произрастающим бурьянистым разнотравьем, которое в сложившемся фитоценозе занимает доминирующее положение. В травяном покрове здесь широко представлены такие малоценные, не имеющие кормовой ценности виды трав, как астра волосистая, щирица белая, тысячелистник тонколистный, донник колючий и др., а также ядовитые – молочай, итгесек и др. [3, 6]. Вместе с тем факт наличия в почвенно-растительных условиях полупустыни разнотравья и отсутствие перевеваемых песков свидетельствуют о принципиальной возможности формирования здесь и устойчивых пастбищных агрофитоценозов. Для создания таких пастбищ следует использовать наиболее адаптированные многолетние травы, способные противостоят процессам ветровой эрозии и опустынивания.

Для целей создания устойчивого фитоценоза в условиях полупустыни сектором кормопроизводства ВНИИОБ на основе использования мировой коллекции ВИР в качестве исходного материала отобраны и испытаны в опытных посевах на данном агрофоне сорта многолетних трав, предназначенные для создания культурных пастбищ в полупустынных районах. Это сорт житняка узкоколосого (*Agropyron desertorum* (Fisch. ex Link) Schult.) «Прикаспийский» и сорт ломкоколосника ситникового (*Psathyrostāchys juncea* (Fischer) Nevski) «Марфинский». Сорта отличаются высокими хозяйственными качествами (табл.).

Таблица 1. Хозяйственное состояние 8-летних посевов многолетних трав

Сортообразцы	Число растений на м ² , шт.	Проектное перекрытие, %	Урожай сухой массы	Протеин, % от сухого веса	Облиственность, %
Житнякузкоколосый (<i>Agropyron desertorum</i> (Fisch. ex Link) Schult.) (стандарт)	300	45	9,0	13,0	47
Житняк узкоколосый (<i>Agropyron desertorum</i> (Fisch. ex Link) Schult.) сорт «Прикаспийский»	540	96	12,0	14,3	60
Ломкоколосник ситниковый (<i>Psathyrostāchys juncea</i> (Fischer) Nevski) (стандарт)	320	70	10,0	13,0	40
Ломкоколосник ситниковый (<i>Psathyrostāchys juncea</i> (Fischer) Nevski) сорт «Марфинский»	400	80	11,3	14,1	50

Выводы. В результате проведенных исследований была разработана концепция сезонной динамики растительного покрова пастбищ западного ильменно-бугрового ландшафта.

Литература

1. Возможность создания адаптивного агробиоценоза пастбищного типа на супесчаных почвах Западного Прикаспия / Ю. В. Батаева [и др.] // Орошаемое овощеводство и бахчеводство в развитии адаптивно-ландшафтных систем юга России : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. М. Ю. Пучкова [и др.]. – Астрахань: Изд-ль Сорокин Р.В., 2012. – С. 228–230.
2. Вознесенская Л. М., Бесчетнова Э. И. Климатические особенности и опасные явления погоды Астраханской области в XX веке. – Астрахань: Нова, 2002. – 111 с.
3. Дымова Т. В. Виды пастбищных дигрессий растительности бугров Бэра дельты Волги и их особенности // Астраханский вестник экологического образования – Астрахань: Нижневолж. экоцентр, 2012. – С. 127–130.
4. Ларин И. В. Кормовые угодья полупустынь и пустынь СССР, их рациональное использование и улучшение // Освоение полупустынь, пустынь и высокогорий : сб. – М., 1939. – С. 24.
5. Восстановление ресурсного потенциала пастбищных агроландшафтов за счет создания адаптивных поликомпонентных агрофитоценозов в Северном Прикаспии / М. А. Лысаков [и др.] // Орошаемое овощеводство и бахчеводство в развитии адаптивно-ландшафтных систем юга России : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. М. Ю. Пучкова [и др.]. – Астрахань: Изд-ль Сорокин Р.В., 2012. – С. 234–233.
6. Пилипенко В. Н., Сальников А. Л., Пилипенко В. Н. Современное состояние и динамика флоры бровских бугров дельты Волги // Геология, география и глобальная энергия / Астрахан. гос. ун-т. – 2006. – № 9. – С. 124–132.
7. Пучков М. Ю., Симанскова Н. В., Лозицкий А. Я. Новый сорт пырея – фитомелиорант для Северного Прикаспия // Кормопроизводство. – 2011. – № 9. – С. 22–23.
8. Пучков М. Ю., Струков В. М., Хлебцова Е. Б. Изучение агроэкологических свойств некоторых почв Северного Прикаспия // Юг России: экология, развитие. – 2009. – № 1. – С. 99–101.
9. Пучков М. Ю., Симанскова Н. В., Лозицкий А. Я. Новые сорта многолетних трав для аридной зоны Северного Прикаспия // Адаптивное кормопроизводство. – 2013. – № 1. – С. 50–53.

10. Растительность и кормовые ресурсы западной части Прикаспийской низменности и Ергеней // Тр. Прикаспийской экспедиции. – М.: Моск. ун-т, 1957.

11. Использование природных фитомелиорантов в селекции кормовых трав в аридной зоне России / Н. В. Симанскова [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2012. – № 3 (12). – С. 31–34.

УДК 631.95:633.2/.3.033

ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО ПАСТБИЩНОГО АГРОФИТОЦЕНОЗА В АРИДНОЙ ЗОНЕ ЮГА РОССИИ

М. Ю. Пучков, М. А. Лысаков,

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства, г. Камызяк, Астраханская область, Российская Федерация

Введение

По данным литературных источников, растительный покров Западно-ильмено-бугрового ландшафта был изучен группой исследователей и представлял собой до активного антропогенного воздействия (рисовые мелиоративные системы, овощеводства и бахчеводства) растительное сообщество, состоящее преимущественно из многолетних растений следующих видов: верблюжья колючка (*Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch.), полынь Лерха (*Artemisia lerchiana* Web.), солянка древовидная (*Salsoladendroides* Pall.), житняк ломкий (*сибирский*) (*Agropyron fragile* (Roth) P. Candardi.) [1–5].

В данный момент, после активного вмешательства человека и создания сельскохозяйственных природно-техногенных систем, представляющих овощеводческие и бахчеводческие хозяйства, использующие ирригационные системы и рыбоводно-прудовые хозяйства, растительный покров этого ландшафта после прекращения хозяйственной деятельности и вывода земель из сельскохозяйственного оборота является деградированным вариантом растительного сообщества, где господствуют преимущественно эфемеры: мортук восточный (*Eremopyrum orientale* L.), костер японский (*Bromus japonicus* L.), рогач песчаный (*Ceratocarpus arenarius* L.), мортук пшеничный (*Eremopyrum triticeum* L.) [1–5].

Целью исследования является отбор видов растений для формирования устойчивого фитоценоза на деградированных землях Северо-Западного Прикаспия.

Материалы и методика

Объект исследования – естественный растительный покров западно-ильмено-бугрового ландшафта, подверженного сильному антропогенному воздействию [1]. Отбор видов растений производился на пробных площадках, размеры которых равнялись 1 м². Видовую принадлежность определяли, используя определитель растений по С. К. Черепанову, по гербарному материалу, собранному в ходе геоботанических экспедиций в районе исследования.

Во время исследования растительного покрова территории нами было использовано учение об экологических стратегиях растений, а также система жизненных форм Раункера и применено для характеристики видов данного растительного сообщества [2].

В мире имеются несколько систем экологической стратегии жизни или, как их принято называть, эколого-фитоценологических стратегий. Мы использовали для характеристики видов растений систему Раменского – Грайма в современной модификации:

S_L – экотопические пациенты, переживающие абиотический стресс в экстремальных условиях (засуха, засоление, холод, высокие температуры и т. д.);

S_K – фитоценологические пациенты, испытывающие стресс под влиянием виолентов;

R – истинные эксплеренты (редуралы по Грайму и сукцессионные и деградационные по Работнову), присутствующие в период полной деградации растительного сообщества и не совместимые с присутствием видов растений, которые относятся к виолентам и пациентам;

K – виоленты, вызывающие стресс у фитоценологических пациентов;

R_L – ложные эксплеренты, которые проявляются в благоприятный период (в весенний и осенний период в пустыне).

Результаты исследований

Для выявления очагов деградации почвенно-растительного покрова на неиспользуемых землях западно-ильмено-бугрового ландшафта нами были проведены экспедиционные исследования. В результате был заложен геоботанический профиль с цепью стационарных участков.

Первый стационарный участок «Икряненский» в окрестностях города Икряное, второй стационарный участок «Лиман» в окрестностях города Лиман и третий стационарный участок «Зензели» в окрестностях села Зензели [1]. На данных стационарных участках были проведены исследования растительного покрова с выделением видов растений, наиболее приспособленных к произрастанию на деградированных участках [2].

Нами были предложены виды растений, сочетающие в себе лучшие кормовые свойства и наиболее приспособлены к условиям пустыни, и произведен по данным качеств отбор видов растений для формирования устойчивого фитоценоза взамен деградированного [1].

Установлено, что доминантными видами растительного сообщества деградированного являются муртук восточный, муртук пшеничный, верблюжья колючка, полынь белая (Лерха), костер японский, петросимония толстолистная, солерос европейский, прибрежница растопыренная. Общее проективное покрытие составило 65%. Высота травостоя 17–70 см.

Ниже приводится характеристика доминантных видов.

Верблюжья колючка (*Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch.), пациент-виолент (S_LK), хамефит, многолетнее.

Солянка древовидная (*Salsoladendroides* Pall.), пациент (S_L), хамефит, многолетнее, кормовое.

Муртук восточный (*Eremopyrum orientale* L.) и муртук пшеничный (*Eremopyrum triticeum* (L.)), эксплерент (R), терофит, кормовое.

Костер японский (*Bromus japonicus* L.), эксплерент (R), терофит, однолетнее, кормовое.

Рогач песчаный (*Ceratocarpus arenarius* L.), эксплерент (R), терофит, однолетнее, кормовое.

Рогозавник серповидный (*Ceratocephalus falcatus* Pers.), эксплерент (R), терофит, однолетник, кормовое.

Плоскоплодник льнолистный (*Meniocus linifolius* Steph.), эксплерент (R), терофит, однолетник, сорное.

Полынь Лерха (*Artemisia lerchiana* Web.), пациент (S_L), хамефит, многолетнее, кормовое.

Солянка многолистная (*Salsola foliosa* (L.) Schrad. ex Schult.), пациент (S_L), терофит, однолетнее, кормовое.

Житняк ломкий (сибирский) (*Agropyron fragile* (Roth) P. Candardi.) пациент – виолент (S_LK), хемофит, многолетнее, кормовое.

Франкения жестковолосистая (*Frankenia hirsuta* L.), пациент – виолент (S_LK), хамефит, многолетнее, кормовое.

Солерос европейский (*Salicornia europaea* L.), пациент (S_L), терофит, однолетнее, кормовое.

Петросимония толстолистная (*Petrosimonia crassifolia* Pall.), эксплерент (R), терофит, однолетнее, кормовое.

Терескен серый (*Ceratoides papposa* Botschet Ikonnikov), пациент – виолент (S_LK), хамефит, многолетнее, кормовое.

Прибрежница растопыренная (*Aeluropus pungens* (M. Bieb.) K. Koch), пациент (S_L), хамефит, многолетнее, кормовое.

Кохия простертая (*Kochia prostrate* (L.) Schrader)) пациент – виолент (S_LK), хамефит, многолетнее, кормовое.

Из доминантных видов растений нами выделены наиболее актуальные виды: полынь Лерха (*Artemisia lerchiana*), житняк ломкий (сибирский) (*Agropyron fragile* (Roth) P. Candardi), солянка древовидная (*Salsola dendroides* Pall.), для ввода их во вновь создаваемый фитоце-

ноз. Также нами предложены культурные аналоги видов растений: пырей бескорневищный, сорт «Озерненский» селекции ФГБНУ ВНИИООБ и ломкоколосник ситниковый, сорт «Марфинский» [1, 2], сочетающие в себе характеристики доминантных видов из естественной флоры и обладающие высокой кормовой ценностью.

Выводы

Нами были выделены виды растений: полынь Лерха (*Artemisia lerchiana*), житняк ломкий (сибирский) (*Agropyron fragile (Roth) P. Candardi*), солянка древовидная (*Salsola dendroides Pall.*) и предложены их культурные аналоги: пырей бескорневищный, сорт «Озерненский» селекции ФГБНУ ВНИИООБ и ломкоколосник ситниковый, сорт «Марфинский» [1, 2], сочетающие в себе характеристики доминантных видов растений из естественной флоры и обладающие высокой кормовой ценностью для ввода их во вновь создаваемый фитоценоз.

Литература

1. Ломкоколосник ситниковый в пустынных агроценозах Северо-Западного Прикаспия / А. Я. Лоцицкий [и др.] // Естественные науки. – 2014. – № 3. – С. 18–21
2. Подбор сортов-фитомелиорантов для восстановления деградированных пастбищ Северо-Западного Прикаспия / М. Ю. Пучков [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – С. 615.
3. A method for selecting plant species for reintroduction purposes / O. Keinberg [et al.] // Tuexenia. – 2014. – № 3. – Pp. 467–488.
4. Scarano F. R., Garbin M. L. Stem species: Plant species that function as regenerating cells of Gaia / DE. – 2011. – № 391. – T. 114. – Pp. 317–324
5. Pollnac Fredric W., Rew Lisa J. Life after establishment: factors structuring the success of a mountin invader away from disturbed roadsides // NL. – 2014. – № 8. – Pp. 1689–1698.

УДК 504

МЕЛИОРАЦИЯ И ЭКОЛОГИЯ В КОНТЕКСТЕ ФРАКТАЛЬНОЙ ПРИРОДЫ ЗЕМЛИ

Н. Г. Стенина,

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Российская Федерация

Интенсификация развития сельскохозяйственного производства и его влияние на окружающую среду являются ключевой проблемой современной цивилизации. Это обусловлено новейшими вызовами в виде индустриализации и резкого роста населения Земли, аномальными изменениями климата. Прогресс в решении задачи лежит в поиске и установлении фундаментальной основы земледелия. В качестве таковой объективно выступает почва – среда, в которой рождается жизнь. Согласно учению великих русских почвоведов В. В. Докучаева, В. И. Вернадского и их многих последователей причину этого уникального свойства почвы следует искать в природе неразрывного единства ее минеральной (так называемой косной) и живой (биоорганической) составляющих [1, 2]. В свою очередь, объективной «моделью» для понимания сути минерально-биологического единства почвы и, как следствие, ее плодородия является структура нашей планеты.

Земля имеет фрактальное строение, что говорит о геологическом процессе самоорганизации ее вещества. Фрактальную структуру Земли можно проследить от глобального макроскопического до ультрамикроскопического уровня атомного строения основных породообразующих минералов [7].

Анализ фрактальной структуры Земли (рис. 1) выявляет два ключевых момента: 1) Ох/Red контроль (рис. 1, а) и 2) совпадение сферы жизни с гидросферой (рис. 1, б). Ох/Red (кислотно-основной) контроль прослеживается от дневной поверхности планеты, где богатая

кислородом (кислая) атмосфера сопрягается с твердым минеральным веществом (1). Во внутренней структуре Земли установлены еще 3 зоны Ox/Red инверсии. Первая зона находится в пределах земной коры, где породы кислого, кремний-алюминиевого (Si – Al) состава сменяются на основные, кремний-магниевого (Si – Mg) породы (2). Следующие зоны Ox/Red инверсии представлены так называемыми разрывами, или границами, известными под названиями Мохоровичича («Мохо») (3) и Гутенберга (4), которые соответственно разделяют между собой земную кору – мантию и мантию – ядро.

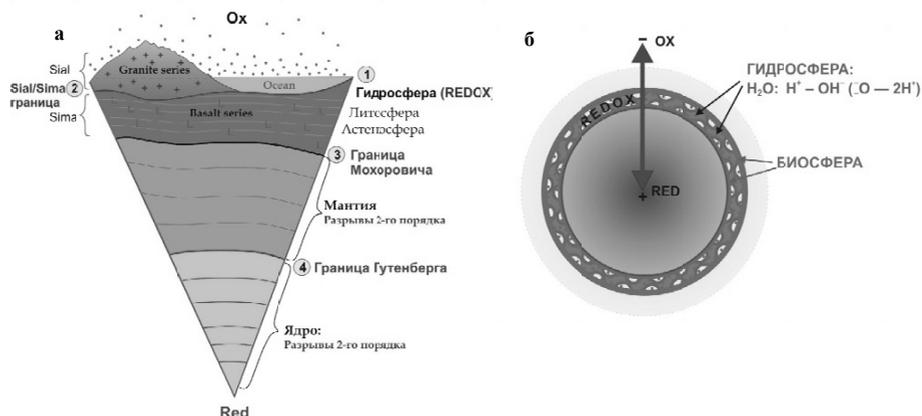


Рис. 1: а – Redox контроль фрактальной организации Земной материи. Ox/Red инверсии представлены в виде гидросферы (1), границы Sial/Sima (2), границы Мохоровичича (3) и границы Гутенберга (4); б – совпадение биосферы с гидросферой (Redox'ом) в дипольной структуре Земли

Сфера жизни, биосфера, центральное место в которой занимает почва, точно совпадает с гидросферой Земли (рис. 1, б). Гидросфера представлена Мировым океаном, озерами, реками, болотами, ледниками, подземными (метеорными) водами. В связи с этим принципиально важно понять особую роль воды в процессах самоорганизации земной материи.

Вода вследствие своего дипольного ($\text{H}^+ - \text{OH}^-$), более точно – тетраэдрического строения ($\text{O} = 2\text{H}^+$), является самым коротким природным окислительно-восстановительным (Ox — Red) мостиком [6]. Именно такое строение молекул H_2O является причиной их объединения в кластеры, что обуславливает известные особые свойства жидкой воды. Их анализ доказывает наличие у воды свойств быть генератором энергии и алгоритмов (информации). Энергоинформационные свойства воды подтверждаются всем комплексом физико-химических и геологических данных [4, 7, 8] вплоть до уже упомянутого планетарного уровня совпадения гидро- и биосфер, ведь необходимыми условиями возникновения и развития жизни являются энергия и алгоритмы.

С учетом изложенного можно сказать, что разгадка уникального свойства почвы генерировать жизнь находится в ответе на вопрос: какова роль воды в неразрывном единстве ее живой и минеральной составляющих? С открытием структуры ДНК эта роль стала очевидной для биоматерии [10]. Именно водородная связь $\text{O} \cdots \text{H} - \text{O}$, благодаря которой вода имеет кластерное строение и обладает особыми свойствами, объединяет в единую структуру двойной спирали ДНК кислые и основные радикалы (рис. 2, а).

Живое и минеральное вещество является составляющими единой земной материи. Изучающие их науки, биология и геология, долгое время развивались независимо друг от друга в рамках классификации и систематики. Открытие ДНК в 1953 г. превратило биологию в строгую науку – генетику, владеющую законом развития объекта своего исследования. Существование также своего закона развития минерального вещества следует из объективного факта единства материи Земли. Прямым доказательством этого является феномен поч-

вы в его указанной выше трактовке великими учеными как целостной сущности минеральной и биоорганической составляющих. Однако минеральная «ДНК» вследствие несопоставимых по масштабу и времени протекания био- и геологических процессов была до недавнего времени неизвестна.

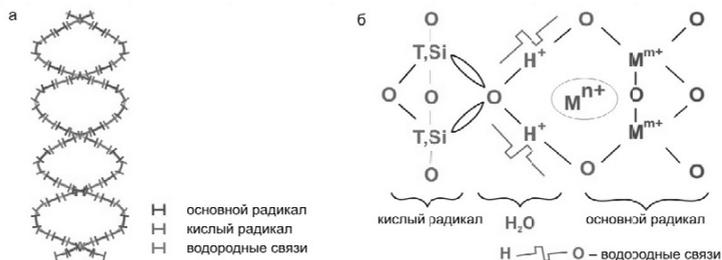


Рис. 2. Схемы ДНК (а) и аква-комплекса (б)

Аква-комплекс, имеющий общий вид $[2\text{TO}_3 - \text{OH}_2 - \text{M}^{n+}2\text{M}^{m+}\text{O}^4]$ (где Т – 4-валентные катионы, Si в первую очередь, и др., M^{n+} – одно- и двухвалентные катионы: Na, K, Fe²⁺ и др., M^{m+} – многовалентные катионы: Al³⁺, Fe³⁺ и др., O⁻ – летучие: O, Cl, S и др.) (рис. 2, б), обладает всеми основаниями претендовать на роль «ДНК» минерального вещества. Как и ДНК, аква-комплексы были обнаружены на уровне исследования тонкой структуры природной, минеральной в данном случае, материи. При этом основную роль в использованном комплексе физико-химических методов играли современные методы просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Впервые аква-комплексы были найдены и идентифицированы как ростовые дефекты в природном кварце разного генезиса [9].

В результате изучения механизма структурно-химических преобразований силикатных минералов в эволюционном ряду пород, вмещающие габбро-граниты, была установлена фундаментальная роль аква-комплекса как закона эволюции минерального вещества и сформулированы его 5 основных свойств [5]. Согласно им аква-комплекс является: 1) универсальной кристаллохимической ячейкой минерального вещества, ответственной за существование всех известных минералов; 2) интермедиатом минеральных реакций, обеспечивающим структурно-химическое преобразование пород; 3) причиной геохимических ассоциаций элементов в этих преобразованиях; 4) причиной и механизмом плавления пород (образование гранитной магмы и ее эволюции); 5) преобразователем энергии в геологических процессах. Последнее, самое важное свойство аква-комплекса, раскрывает механизм и движущую силу всех геологических процессов; в прикладном аспекте – концентрирование полезных элементов, как рудных, так и нерудных, в месторождениях. На основании этих свойств аква-комплекс был определен как универсальная кристаллохимическая ячейка минерального вещества, ответственная за структурно-химическое изменение, т. е. эволюцию пород [7].

Аква-комплекс как закон развития минеральной материи является неформальным аналогом ДНК (рис. 2). Это следует из того, что оба имеют Ox — Red структуру. В ДНК (рис. 2, а) кислые и основные радикалы связываются в единую молекулу через водородные связи. Аква-комплекс (рис. 2, б) состоит из левой кислой – $2[\text{SiO}_3\Box]$ (где \Box – кислородная вакансия) и правой основной – $2[\text{M}^{m+}\text{O}_4]$ (где $m+ = 3$) частей, связанных в единое целое с помощью тетраэдрически заряженной молекулы воды: $\text{O} = 2\text{H}^+$. Кислород воды занимает позицию мостикового кислорода между двумя неполными тетраэдрами $[\text{SiO}_3\Box]$, тем самым образуя естественный Ox — Red мостик между кислой и основной частями аква-комплекса.

Таким образом, аква-комплекс является недостающим звеном для понимания природы неразрывной взаимосвязи минеральной и биоорганической составляющих в рамках единой земной материи, что имеет особое значение для понимания феномена почвы. Водородная связь, обеспечивающая целостность структуры ДНК и аква-комплекса, а именно ее энергоинформационный потенциал, служит фундаментальной основой для объединения био- и

минеральной ДНК в общий закон развития единой природной материи. Почва является как раз той средой, где две ветви эволюции (минеральная и биоорганическая) оказываются неразрывно связанными, тем самым создавая необходимые условия для зарождения жизни. Ее обеспечение происходит за счет энергетического и информационного потенциала, которое является неотъемлемым свойством Redox'a [8].

Концепция аква-комплекса раскрывает эту взаимосвязь применительно к практическим проблемам почвоведения. Минеральная составляющая грунтов служит основой для определения типов почвы и разработки способов ее мелиорации. Эмпирически хорошо известны низкая продуктивность преимущественно глинистых почв и, наоборот, высокая – песчано-гумусовых и особая роль кальция (известняков) в кардинальном изменении типа почвы. Эти три самых важных фактора мелиорации имеют точное выражение в рамках концепции аква-комплекса (рис. 3).

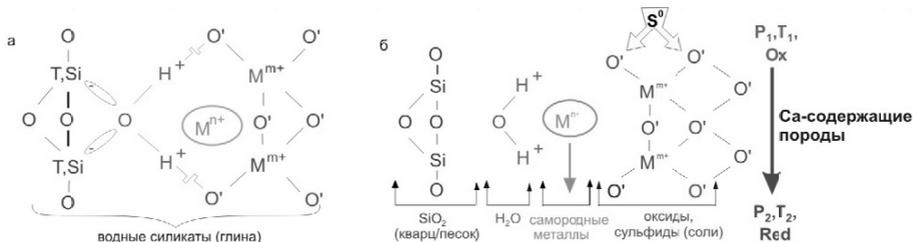


Рис. 3. Глина (а); песок, вода и роль Са (б) с точки зрения концепции аква-комплекса

Как отмечено выше, аква-комплекс представляет собой универсальную кристаллохимическую единицу минерального вещества, из которой образуются все, без исключения, природные химические соединения – минералы. Структура смешанно-слоистых водосодержащих глинистых минералов строится из целых аква-комплексов (рис. 3, а). Вода, являющаяся главным катализатором био-минеральных реакций, находится в глинистой матрице в химически связанной форме, поэтому все необходимые для роста растения вещества оказываются труднодоступными. Интенсивное развитие живого организма начинается только при наличии свободной воды, выделяющейся из центральной части аква-комплекса при его распаде на составляющие (рис. 3, б). Это происходит при резких колебаниях температуры и давления окружающей среды, но главным фактором дезинтеграции аква-комплексов является инверсия окислительно-восстановительного потенциала среды (Redox'a) и Са-содержащие породы (известняки). Резкое изменение pH почвы и повышение ее плодородия при внесении в нее извести является давно эмпирически известным фактом и широко используется в мелиоративных мероприятиях.

Таким образом, внесение в малопродуктивную почву, кроме органических и минеральных удобрений, песка и извести, способно резко изменить ее структуру, кислотность-щелочность, насыщенность влагой и в результате плодородность почвы. Концепция аква-комплекса раскрывает природу и взаимосвязь этих факторов, что дает возможность их целенаправленного контроля.

О роли биоты (живых микроорганизмов), резко увеличивающей плодородие почвы, надо заметить следующее. Ее возникновение и размножение происходит наиболее интенсивно в диапазоне инверсии окислительно-восстановительного потенциала (Redox'a). Это доказывается всем комплексом данных: от глобального уровня совпадения биосферы с Redox'ом (гидросферой) до используемых в золотодобыче технологий биовыщелачивания. Поэтому представляется объективно верной считать такую причинно-следственную связь, согласно которой активный Redox стимулирует резкий подъем жизнедеятельности микроорганизмов и, как следствие, повышает плодородие почвы, но не наоборот.

Рекультивация почв, истощенных индустриальной и горнодобывающей деятельностью, и возврат их в область сельскохозяйственного использования становится в последнее

время все более актуальной проблемой. Перспективным направлением ее решения является метод *inplacemediation*, что означает восстановление продуктивности загрязненной почвы без ее выборки и дистанционного удаления. Для этого разрабатывается целый комплекс физико-химических методов нейтрализации опасных токсикантов на месте их захоронения в грунте.

Опыт участия в практическом решении одной из таких проблем показал, что успех зависит от установления собственных регенерирующих способностей загрязненной почвы. В случае мышьяка как самого опасного из токсических элементов было установлено, что в толще химически загрязненного грунта начинаются интенсивные процессы самоорганизации. Они инициируются возникшим химическим неравновесием в системе грунта, а смысл соответствующих структурно-химических преобразований минерального вещества заключается в переводе мышьяка из свободной формы, в которой он наиболее токсичен, в минеральную форму, где он связывается с железом. В результате образуются новые As-содержащие минералы (например, арсенипирит FeAsS), которые не являются токсичными. Исследования комплексом инструментальных методов доказали, что соответствующие структурно-химические преобразования почвы происходили по механизму аква-комплекса. Об этом свидетельствует заметное перераспределение содержания химических элементов в исходном и новообразованном грунте, объяснимое только с позиции аква-комплекса, интермедиата минеральных реакций. При этом самым очевидным аргументом является огромная (порядка 30) разница в содержании Са (табл.) в исходном загрязненном (рыжая матрица) и новообразованном (голубые прослои) грунте (рис. 4, а).

Химический состав загрязненного грунта (глубина 5 м) с текстурой самоорганизации (рис. 4, б)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	FeO	As ₂ O ₃	Cl	CaO
Обр. 2.3–	32.885	13.891	0.971	3.483	0.011	0.021	11.771
Обр. 2.3+	17.773	4.975	0.512	6.103	0.009	0.02	0.423

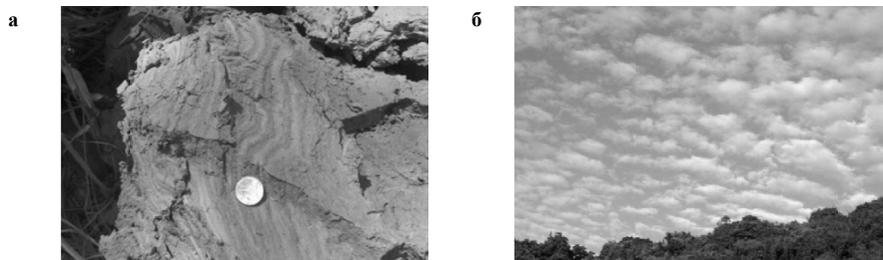


Рис. 4. Универсальный закон самоорганизации земного вещества:
а – текстуры самоорганизации в химически загрязненном грунте; (глубина 5 м),
б – современная картина фрактальной структуры облаков

Развитие идей великих русских почвоведов в контексте новых синергетических представлений о природе Земли открывает перспективу понимания современных климатических вызовов и, как следствие, возможность им противостоять. Залогом успеха в этом направлении является понимание универсальной способности земной материи к самоорганизации в ответ на локальные техногенные (рис. 4, а) и глобальные природные (рис. 4, б) возмущения.

Литература

1. Докучаев В. В. Русский чернозем. – М.: Сельхозгиз, 1936. – 558 с.
2. Вернадский В. И. Биосфера. – Л.: Науч. химико-техническое изд-во, 1926. – 140 с.
3. Вернадский В. И. Минералогия. – Вып. 2. – 3-е изд. – М.: Печатня С. П. Яковлева, 1912. – 524 с.
4. Стенина Н. Г. Происхождение минеральной воды. – Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2017. – 129 с.

5. Стенина Н. Г., Дистанова А. Н. Структурно-химические преобразования силикатных минералов как индикатор их генезиса (на примере пород Каахемского плутона, Тува). – Новосибирск: Изд-во ОИГГиМ СО РАН, 1991. – 76 с.

6. Bernal J. D., Fowler R. H. A theory of water and ionic solutions with particular reference to hydrogen and hydrogen ions // J. Chem. Phys. – Vol. 10. – № 8. – Pp. 515–538.

7. Stenina N. G. Evolution of the Mineral Matter of the Earth: Theory and Implications. Energy paradigm of geological processes: Scientific electron book. –URL: www.stenina.geo.com. – Novosibirsk: Academic Publishing House GEO, 2013. – 414 p.

8. Stenina N. G. REDOX as a link between organic and inorganic matter: its role in mineralization / Ed. D. G. Eliopoulos [et al.] // Mineral Exploration and Sustainable Development. – Rotterdam Netherlands: Millpress, 2003. – Pp. 857–860.

9. Stenina N.G. Water-related defects in quartz // Bulletin of Geosciences. – 2004. – Vol. 79. – P. 251–268.

10. Watson J. D., Crick F. H. Molecular structure of nucleic acids; structure for deoxyribose nucleic acids // Nature. – 1953. – Vol. 171. – № 4356. – Pp. 737–738.

УДК 551.311.8

СЕЛЕВАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ТАДЖИКИСТАНЕ

А. Р. Фазылов¹, Н. П. Лавров², Д. Б. Ниязов¹

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан, г. Душанбе;

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация

Катастрофические стихийные бедствия и антропогенные воздействия на природу являются одними из сопутствующих и опасных факторов при освоении горных и предгорных территорий Республики Таджикистан (РТ), которая является одной из стран, наиболее подверженных стихийным бедствиям, в том числе селепро явлениям.

Согласно данным, приведенным в Докладе о состоянии окружающей среды в РТ в 2002 году, около 85 % территории Таджикистана подвержены риску возникновения селей, а 32 % территории находятся в зоне высокого риска возникновения селей [1]. С точки зрения селевой опасности разделение территории страны осуществлено на основе высотной зональности (табл. 1). Все сектора экономики страны и его население подвержены активному воздействию различных опасных гидрометеорологических явлений и их последствия представляют наибольшую опасность как для экономики, так и для населения (рис. 1).

Таблица 1. Разделение территории РТ по селевой опасности (высотная зональность) [2]

Зона	Особенность и условия формирования селей
Предгорная – невысокие холмы (адыры). До 1000 м над ур. моря	Возникают при выпадении ливневых дождей и наблюдаются в III–VI, в редких случаях – в IX–X
Среднегорная – более крутой рельеф и расчлененность. От 1000 до 2500 м над ур. моря	Формируются из-за ливневых дождей в IV–VI и часто затухают до выхода из гор. Наиболее мощные выходят на равнины и наносят наибольший ущерб
Высокогорная – наиболее селеопасные территории. Рельеф сильно расчлененный, большие площади заняты скалами, осыпями и моренами. Выше 2500 м над ур. моря	Сели формируются в VII–VIII в результате ливней. Наиболее селеопасен южный склон Гиссарского хребта

В РТ за последние пять лет зафиксировано 603 чрезвычайных стихийных ситуации (ЧС). Сход селей составил 34 % от всех ЧС, при этом погибли 127 человек (38 человек в результате схода селей). Общий ущерб, нанесенный экономике страны от всех ЧС природного характера, составляет 600 млн. USD, а от селей – более чем 408 млн USD. В Таджикистане установлена 381 опасная зона первой степени, из них 186 находятся под угрозой схода селей [3].

Анализ последних лет показывает, что изменение климата ведет к ежегодному росту числа случаев возникновения природных бедствий в РТ. Наиболее опасным из них считается сель, сезон которого продолжается с марта по август и составляет 34 % от общего количества ЧС (рис. 2). По экономическому ущербу случаи схода селя также занимают первое место – более 63 % ущерба приходится на разрушительные последствия селей. Глобальное потепление приводит к повышению нижней границы снежного покрова и нижней границы лавинной опасности, но значительно увеличивает возможность возникновения гляциальных селей. Особой катастрофичностью, характерной для территории ЦА, также селевые потоки, образующиеся при прорыве горных озер.

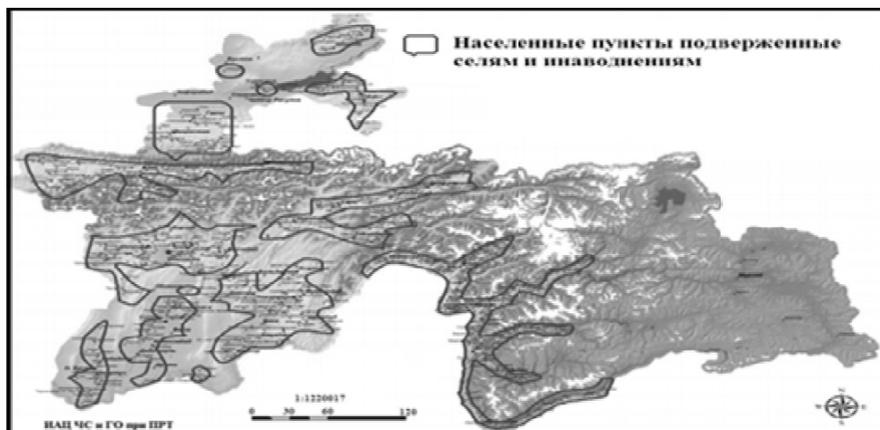


Рис. 1. Карта-схема населенных пунктов РТ, подверженных селям и наводнениям

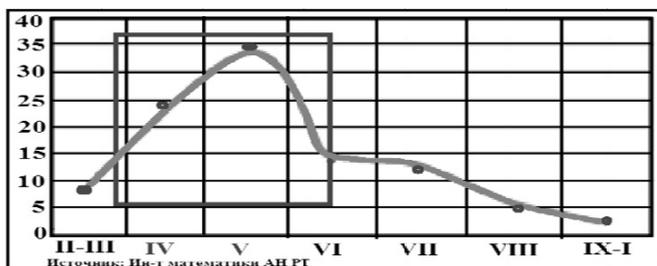


Рис. 2. Формирование селевых потоков в Таджикистане в течение года, %

Тенденция потепления ускорила свой ход, и каждые десять лет с 1970-х гг. наблюдалось повышение температуры в среднем: на $0,15^{\circ}\text{C}$ зимой, $0,3^{\circ}\text{C}$ – весной, без изменений – летом и на $0,2^{\circ}\text{C}$ – осенью. Срединный прогноз изменений в средних годовых температурах предполагает увеличение до $4,0^{\circ}\text{C}$ к 2100 году. При этом количество дождевых осадков увеличится, а количество снежных осадков уменьшится. Срединные прогнозы изменений интенсивности ливневых осадков наблюдаются в сторону их увеличения на 17 % к 2100 году. Частота обильных осадков увеличится на 13 % к 2100 году [4].

Как видно из графика (на основе данных, приведенных в литературе [7]), по температурным показателям воздуха в Республике Таджикистан за период 1990–2012 гг. (рис. 3) присутствует отклонение в сторону повышения.

Вероятность возникновения селевых паводков только за счет снеготаяния или при осадках менее 100 мм/сут не превышает 7–13 %. При дождях с суточным слоем от 20 до 40 мм она возрастает до 30–57 %, а особо опасных селей – до 11–12 % [5].

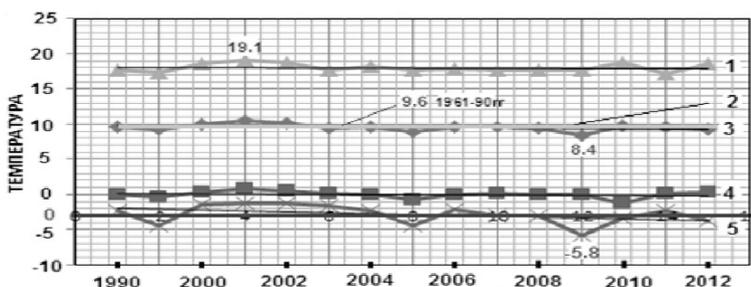


Рис. 3. Температурные показатели воздуха в Республике Таджикистан за 1990–2012 гг.
 1 – максимальная ср. месячная температура воздуха; 2 – ср. многолетняя температура воздуха за 1961–1990 гг.; 3 – ср. месячная температура воздуха по РТ; 4 – отклонение ср. годовой температуры от ср. многолетней температуры воздуха; 5 – минимальная ср. месячная температура воздуха

На территории РТ сели дождевого генезиса составляют 78 %, смешанного – 19 %, гляциального и прорывного происхождения – 3%. Основными причинами возникновения селей являются: 1) продолжительные и интенсивные дожди – 80 %; 2) быстрое таяние снега вместе с дождями – 19 %; 3) прорыв озер или водохранилищ – 1 % [6].

Антропогенную деятельность (сельскохозяйственное освоение, горные работы, дорожное строительство, создание зон отдыха, хранилище бытовых стоков, возведение гидротехнических деривационных систем и плотин, освоение горных пастбищ, распахка земель и др.), играющую иногда заметную роль в формировании селевых потоков в среднегорной и низкогорной зонах, следует рассматривать в качестве существенного фактора возникновения селей регионально-зонального типа.

Ведущая роль в развитии стихийных бедствий (суммарно – до 73 % ЧС) в условиях Таджикистана принадлежит метеоклиматическим факторам. Следует отметить, что только в 2016 году количество селей составило 34 (61,8 %) ЧС от общего количества стихийных бедствий в РТ (табл. 2).

Таблица 2. ЧС природного характера в Таджикистане в 2016 году

Виды стихийных бедствий	Области			Регионы		Душанбе	Всего	Процент
	ГБАО	Хатлон	Сугд	Рашт	Гиссар			
Землетрясения	1	-	-	-	-	-	1	3,6
Лавины	-	-	-	-	1	-	1	1,8
Сели	1	6	10	10	6	1	34	61,8
Молнии, град и грозы	-	-	2	1	-	-	3	5,5
Камнепады	-	-	3	-	-	-	3	5,5
Шквальные ветра	-	-	7	-	-	1	8	14,5
Оползни	-	-	2	2	-	-	4	7,3
Всего	2	6	24	14	7	2	55	100

Селевые районы РТ расположены во всех регионах страны, но в основном в бассейнах рек Зеравшан, Сурхоб, Обихингоу, на южном склоне Гиссарского хребта, Южно-Таджикском нагорье (реки Варзоб, Вахш, Пяндж и др.) Значительным развитием селевых явлений отличается Памир и Дарвазе (бассейны рек Пяндж, Гунг, Ванч) (рис. 1) [8]. На границах между РТ и Афганистаном также возникают сели (трансграничные ЧС). Условия возникновения селей от количества осадков по основным селевым районам приведены в таблице 3, а в таблице 4 рассмотрены основные природные факторы, влияющие на сели и наводнения по отдельным бассейнам рек РТ.

Таблица 3. Основные селевые районы Таджикистана и условия их возникновения от количества осадков

№ п/п	Территория	Количество осадков для образования селей, мм/сут	Сезон возникновения селей
1	Бассейны рек Сурхоб, Обихингоу, Зеравшан	35	IV–V
2	Южно-Таджикское нагорье (р. Варзоб, Вахш, Пяндж)	40–50	III–IV
3	Южный склон Гиссарского хребта	более 70–80	IV–V
4	Памир и Дарваз (бассейны рек. Пяндж, Гунт, Вандж)	более 40–50	IV–VI

Потенциально опасными зонами в селевом отношении для города Душанбе и его окрестностей считаются все саи (высохшие русла), реки и ручьи (Камчин, Киблаи, Джаландар, Дуоба, Каттасай, Октоқсай, Чавалый и другие [9]). В частности, на рисунке 4 указан один из возможных путей движения селевых потоков в окрестностях г. Душанбе [10].

Таблица 4. Основные природные факторы, влияющие на сели и наводнения по отдельным бассейнам рек Таджикистана

Бассейн	Природные факторы риска и меры защиты от селей
Сырдарья	Интенсивные ливневые дожди на малых водосборах и притоках. <i>Селезадерживающие запруды и селехранилища снижают риск наводнений и селей в низовьях</i>
Зеравшан	Таяние снега в период с середины июля по август – большие наводнения и сели происходят в результате ливневых дождей. <i>Селезадерживающие запруды и селехранилища снижают риск наводнений и селей в низовьях</i>
Кафирниган	Крутой уклон русла реки на водосборной площади. Таяние снега в период с конца апреля по начало мая – наводнения и сели возникают в результате ливневых дождей. <i>Водохранилища, селезадерживающие запруды, селехранилища и отводные водные сооружения для ирригации снижают риск наводнений и селей в низовьях</i>
Вахш	Таяние снежников и ледников в июле и августе. <i>Меры защиты такие же, как для условий бассейна р. Кафирниган</i>
Кызылсу	Крутой уклон русла реки на водосборной площади. Таяние снега в период с конца апреля по начало мая – наводнения и сели возникают в результате ливневых дождей. <i>Селезадерживающие запруды, селехранилища и отводные водные сооружения для ирригации снижают риск наводнений и селей в низовьях</i>



Рис. 4. Пути движения селевых потоков из склонов кишлака Киблаи в г. Душанбе

В 2015 г. создана Государственная комиссия по чрезвычайным ситуациям, ставшая главным координационным органом по вопросам управления бедствиями в РТ. Органом управления, осуществляющим руководство единой государственной политикой в области подготовки и защиты населения, объектов экономики и территории от последствий ЧС, является Комитет по ЧС и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан. Этим Комитетом в сотрудничестве ЭКО-ГИС Кыргызской Республики и ISTERA (РТ) разработана база данных по ЧС на основе современных достижений ГИС-технологий. Специалистами РТ в 2016 г. составлена карта селей в масштабе 1:500000.

Особое место в общей схеме селевой безопасности должен занимать блок селевого мониторинга, состоящий прежде всего из накопления информации по селям и включающий в

себя: изучение их географии и пространственного распространения; оценку ситуации с целью прогнозирования селевых потоков в реальном времени; сбор материалов для проектирования и выработки проектных решений противоселевой защиты. *Отдельные результаты данных исследований были доложены на Международной научно-практической конференции «Селевая безопасность: оценка, прогноз, защита», состоявшейся в г. Алматы (Казахстан) 22–25 августа 2017 г.*

На основе изложенного и с учетом ранее предложенных мероприятий [8] рекомендуется:

- 1) разработать Кадастр селевой опасности для Республики Таджикистан;
- 2) создать единую базу данных селепроявлений в РТ;
- 3) оценку, прогноз, защиту от селей, возникающих на границах между государствами (трансграничные ЧС), необходимо проводить на основе межгосударственных соглашений;
- 4) разработать новые нормативно-методические документы по расчету параметров селей, селезащитных сооружений и способов обеспечения селевой безопасности;
- 5) расширить контакты с научным сообществом других стран и Международной селевой ассоциацией;
- 6) использовать современные методы прогноза селей, оповещения и конструкции селезащитных сооружений.

Литература

1. Улучшение гидрометеорологического обеспечения в Республике Таджикистан : Отчет Всемирного Банка. – 2009. – С. 20. – URL: <http://www.meteo.tj/files/doc/The%20report%20of%20the%20world%20bank%20rus%2030-09-09.pdf>
2. Руководство по региональной оценке риска стихийных бедствий на территории Республики Таджикистан. – Душанбе, 2011. – С. 33. – URL: <http://www.docme.ru/doc/925167/rukovodstvo>
3. Выступление Президента Республики Таджикистан, Председателя государственной комиссии по чрезвычайным ситуациям Эмомали Рахмона. 10.02.2017, г. Хорог. URL: [_http://www.president.tj/tu/node/14536](http://www.president.tj/tu/node/14536)
4. Экономика изменения климата в Центральной и Западной Азии (RDTA-8119 REG). Промежуточный отчет. Азиатский банк развития Техническое содействие исследованию и развития (RDTA) март 2016 г. – С. 52–53. – URL: <https://www.adb.org/sites/default/files/project-document/185438/44068-012-tacr-11-ru.pdf>
5. Исмагилов Х. А. Селевые потоки, русловые процессы, противоселевые и противопаводковые мероприятия в Средней Азии // Труды САНИИРИ. – Ташкент, 2006. – С. 179.
6. Яблоков А. А. Сели Таджикистана. – Душанбе, 2009. – С. 30.
7. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Таджикистан. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан. – URL: <http://www.gksintranet.tj/ecostat/>
8. Фазылов А. Р., Фазылов В. А. Гидротехнические мероприятия и регулирование селей в условиях изменения климата // Вестник Донского гос. аграр. ун-та. – 2017. – № 2 (24.1). – Ч. 1. – С. 105–112.
9. Какие опасные зоны имеются в Душанбе? – URL: <http://gazeta.tj/vd/2887-kakie-opasnye-zony-imeyutsya-v-dushanbe.html>
10. Оползни в Таджикистане и экологическая безопасность. – URL: http://livingasia.online/2017/03/27/opolzni_tajikistan/

УДК 631.6(470.313)

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ ЗЕМЕЛЬ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

А. А. Павлов¹, В. А. Игнатенко², С. М. Курчевский³,

¹Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева;

²Мещерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Рязань, Российская Федерация;

³Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Республика Беларусь

Нечерноземная зона занимает 9 млн кв. км, или 52,7 % территории Российской Федерации, на нее приходится около 40 % населения страны. Здесь имеется 42,6 млн га сельско-

хозяйственных угодий, или всего 17,4 % от территории России [1]. Общая площадь малопродуктивных дерново-подзолистых почв в Рязанской области составляет 205,3 тыс. га, или 14 % от всех земель сельскохозяйственного назначения [2]. Площадь маломощных торфяных месторождений в Рязанской Мещере остается значительной, а слабое вовлечение их в сельскохозяйственное производство связано с мелиоративной неблагоустроенностью и отсутствием достаточного опыта их сельскохозяйственного освоения [3].

Плодородие почв зависит от природного почвообразования, агрохимических, агрофизических свойств, влияния окультуривающих средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Органическое вещество почвы, основная часть которого приходится на гумус, играет разнообразную роль, как в формировании характерных признаков почвы, так и в протекании различных процессов трансформации и функционирования. В основе воспроизводства плодородия почв лежит биогеохимический круговорот органического вещества [4]. К оптимальным свойствам почвенного плодородия следует отнести такие показатели, как: содержание и состав гумуса; обеспеченность доступными для растений формами элементов питания; водно-физические свойства гумусового горизонта и пахотного слоя; физико-химические свойства [5].

Проблема загрязнения почв, воды и растений, вызванная техногенными нагрузками на водосборные площади, обострилась в последнее время. Загрязняющие вещества накапливаются в различных компонентах биосферы, снижают устойчивость наземных и водных экосистем, влияют на биопродуктивность и качество продукции сельского хозяйства, здоровье и благосостояние людей [6]. Особого внимания заслуживают гуминовые удобрения, поскольку они способны оказать позитивное влияние на агрофизические и агрохимические свойства почвы. При внесении гуминовых удобрений происходит увеличение полевой влагоемкости, капиллярности, водопроницаемости, улучшение структуры почвы, уменьшение ее плотности. Гуминовые удобрения являются катализаторами биохимических процессов, протекающих в почве, за счет органического вещества гуматов, которое используется микроорганизмами почвы. Минеральные соединения, находящиеся в труднодоступной форме, переходят в доступные для растений формы [7].

Целью наших исследований является разработка комплекса агромелиоративных и агротехнических мероприятий, направленных на восстановление деградированных и загрязненных почв, повышение плодородия малопродуктивных дерново-подзолистых супесчаных почв и мелкозалежных низинных торфяников в условиях Мещерской низменности Рязанской области при использовании гуминовых удобрений.

Исследования проводятся в полевом эксперименте на экополигоне «Мещера» (исследуется водно-режимный и гидрохимический режим грунтовых вод и малой реки), в лизиметрах и вегетационных сосудах. Опыты заложены по методике опыта Б. А. Доспехова. Исследуемыми культурами являются однолетние и многолетние травы. Полевые исследования, дозы внесения органических и минеральных удобрений обоснованы теоретическими исследованиями, характеристиками препаратов и качественными показателями почв, полученными непосредственно перед закладкой опытов. Лизиметры с почвами ненарушенного сложения в течение долгого времени не использовались и полностью соответствуют условиям поставленных задач.

Нами предусмотрены варианты с различным залеганием грунтовых вод: с близким залеганием – до 0,5 м и с глубоким – до 1,5 м и более (осушенные). Смоделированы варианты внесения гуминового препарата с органическими и минеральными удобрениями в четырехкратной повторности. По весне после снеготаяния и установления постоянной положительной температуры почвы проводилась установка уровня грунтовых вод согласно схеме опыта. В ходе вегетации проводится понижение уровня воды (на 0,2 м за весь период вегетации) в зависимости от фазы развития корневой системы. В начале июля выполнен учет урожая однолетних трав с отбором проб на качество растительной продукции, а спустя 2,5 месяца проведен первый укос многолетних трав.

Рассмотрим вариант как наиболее интересный и ключевой в теме наших исследований, с применением комплекса гуминовых удобрений и биогумуса на дерново-подзолистом

типе почв. Результат первого года исследований показывает: на дерново-подзолистых почвах при внесении в почву гуминового препарата 150 л/га совместно с биогумусом 10 т/га наилучшие результаты по урожайности на зеленую массу получены на вариантах с уровнем грунтовых вод 1,0 м, прибавка урожайности составляет 9,4 %. С уровнем, поддерживаемым на 1,5 м, результаты практически не отличаются от предыдущего варианта, прибавка составляет 9,9 %.

Вариант с близким залеганием грунтовой воды на протяжении всей вегетации показывает снижение урожайности на 25 % от контрольного, что говорит о негативном влиянии грунтовых вод, находящихся непосредственно в корнеобитаемом слое (табл. 1, рис. 1, 2).

Таблица 1. Урожайность вико-овсяной смеси на дерново-подзолистой почве, 2017 год, т/га

№ п/п	Вариант	Вико-овсяная смесь, зеленая масса, т/га					Прибавка	
		Повторность					т/га	% к контролю
		1	2	3	4	среднее		
1	Контроль (чистая почва)	32,30	28,40	32,40	30,05	30,90	-	-
2	Гум+Биог, УГВ 1,5 м	34,12	32,91	33,63	35,12	33,95	3,05	9,9
3	Гум+Биог, УГВ 1,0 м	31,65	37,48	32,32	33,83	33,82	2,92	9,4
4	Гум+Биог, УГВ 0,5 м	21,76	25,53	22,45	28,54	24,57	-6,33	-25

$НСР_{05} = 1,95$ т/га

По результатам первого укоса многолетних трав в год посева на выбранных вариантах уже можно заметить значительную прибавку урожайности. На варианте гуматы с биогумусом и УГВ 1 м прибавка составила 60 %, при увеличении УГВ до 0,5 м прибавка урожая составила лишь 4 %, а при снижении УГВ до 1,5 м – 17 %. Корневая система развита не в полной мере, поэтому фактор УГВ действует неоднозначно (табл. 2).



Рис. 1. Урожай вики – овса перед учетом



Рис. 2. Учет урожая вики – овса

Таблица 2. Урожайность многолетних трав на дерново-подзолистой почве, 2017 год, т/га

№ п/п	Вариант	Многолетние травы, зеленая масса, т/га					Прибавка	
		Повторность					т/га	% к контролю
		1	2	3	4	среднее		
1	Контроль	4,27	3,58	3,33	3,93	3,78	-	-
2	Гум+Биог, УГВ 1,5 м	4,66	4,09	3,98	5,02	4,44	0,66	17
3	Гум+Биог, УГВ 1,0 м	6,73	4,97	6,38	6,03	6,03	2,25	60
4	Гум+Биог, УГВ 0,5 м	3,21	4,32	4,70	3,51	3,94	0,16	4

$НСР_{05} = 2,15$ т/га

Результат первого года исследований вегетационного опыта однолетних с подсевом многолетних трав показывает, что на дерново-подзолистых почвах при внесении в почву гуминового препарата 150 л/га совместно с биогумусом 10 т/га наилучшие результаты за два

укося, наибольшая прибавка урожайности зеленой массы в пересчете на 1 га составила на варианте с уровнем УГВ 1,0 м (5,17 т/га). Хорошие показатели и на варианте торф 60 т/га + N 30 P 30 K 30, прибавка составляет 56 %, и гуматы 150 л/га в комплексе с торфом 60 т/га – 36 % (табл. 3). Практически повторяется динамика урожайности многолетних трав (исключение вариант торф + NPK, меньше, чем гумат+ торф), убранных через 2,5 месяца. В ходе анализа обнаружено, что на дерново-подзолистых почвах при внесении в почву гуминового препарата 150 л/га совместно с биогумусом 10 т/га наилучшие результаты по количеству урожайности на зеленую массу многолетних трав, прибавка урожая 72 %.

Таблица 3. Урожайность вико-овсяной смеси, 2017 г, т/га

№	Вариант	Вико-овсяная смесь, зеленая масса, т/га					Прибавка	
		Повторность					т/га	% к контролю
		1	2	3	4	среднее		
1	Гум+Биог.	13,5	12,5	11,2	11,9	12,3	4,7	61
2	Гум+Торф	8,7	11,1	10,8	11,1	10,4	2,8	36
3	Гум+Навоз	10	8,6	9,7	9,8	9,5	1,9	25
4	Гум	8,4	7,5	7,3	8,2	7,8	0,2	3
5	Торф+NPK	10,8	13,1	11,1	12,7	11,9	4,3	56
6	Контроль	8,06	7,9	7,9	6,6	7,6	-	-

$HCp_{05} = 1,93$ т/га.

Также хороший урожай на варианте гуматы 150 л/га в комплексе с торфом 60 т/га – 58 % и на варианте торф 60 т/га + N₃₀ P₃₀ K₃₀ – 37 % (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность многолетних трав, 2017 год, т/га

№ п/п	Вариант	Многолетние травы, зеленая масса, т/га					Прибавка	
		Повторность					т/га	% к контролю
		1	2	3	4	среднее		
1	Гум+Биог	10,5	8,6	7,4	6,6	8,3	3,5	72
2	Гум+Торф	9,3	8,8	7,5	4,9	7,6	2,8	58
3	Гум+Навоз	6,8	5,8	4,3	5,4	5,6	0,8	16
4	Гум	4,4	7,0	4,9	5,0	5,3	0,5	10
5	Торф+NPK	5,6	6,5	8,8	5,6	6,6	1,8	37
6	Контроль	4,0	3,9	6,9	4,3	4,8	-	-

$HCp_{05} = 1,99$ т/га.

На зимний период планируется провести взвешивание сухой массы, выполнение анализа качества полученной продукции (клейковина, белок, сухое вещество (для зерна); содержание сахаров, белков и жиров для многолетних трав). Исследования продолжатся в 2018–2019 гг. с многолетними травами.

Литература

1. Источник: <http://www.activestudy.info/pochvenno-klimaticheskie-usloviya-nechernozemnoj-zony/> Зооинженерный факультет МСХА
2. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Рязанской области / под ред. С. Я. Полянского // Модель XXI столетия. – Рязань: Рязанский НИПТИ АПК, 2000. – 183 с.
3. Томин Ю. А., Лисютин В. А. Технология рационального использования торфяных почв в сельскохозяйственном производстве // Сохранение и повышение продуктивности мелиорируемых земель центра Нечерноземной зоны России и Беларуси : сб. науч. тр. – Рязань, 2005. – С. 347–362.
4. Кауричев И. С., Панова Н. П., Розов А. Н. Почвоведение. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
5. Паников В. Д. Теория и практика повышения плодородия почв // Вестн. с.-х. науки. – 1981. – № 2. – С. 14–23.
6. Семенова К. С. Обоснование противопожарного шлюзования осушенных торфяников в условиях Мещерской низменности : дис. ... канд. техн. наук. – М., 2016. – С. 3–4.
7. Карпюк Л. А. Алкоксильные производные гуминовых веществ: синтез, строение и сорбционные свойства : дис. ... канд. хим. наук. – М., 2008. – С. 32.

2. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ПУТИ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.421:631.421.3

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖИДКОЙ ФАЗЫ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

М. П. Волокитин,

Институт фундаментальных проблем биологии РАН,

г. Пушкино, Московская область, Российская Федерация

Почвенные растворы являются наиболее активными и динамичными компонентами почв. Анализ почвенной влаги с разных глубин позволяет анализировать процессы, которые происходят в почвенной толще. Это важно для понимания современного почвообразовательного процесса, а также продукционного, которые неразрывно связаны между собой [1, 2]. Исследования проводили с 2008 по 2012 год на водосборном бассейне р. Любожихи (Южное Подмоскowie), где были заложены разрезы и установлены автоматические пробоотборники почвенной влаги методом вакуум-фильтрации [3]. Датчики были установлены в смешанном лесу и на лугу по профилю серых лесных почв. В гумусовом горизонте датчики находились на глубине 5 и 20 см, в иллювиальном горизонте – на глубине 50 и 90 см. Определение химических элементов проводили на спектрометре Perkin Elmer Optima 5300.

В целях изучения условий формирования почвенных растворов под различными фитоценозами проведена сравнительная оценка показателей агрофизического состояния серой лесной почвы, занятой луговыми и лесными сообществами. Установлено, что эродированная серая лесная луговая почва обладает неблагоприятными водно-физическими свойствами. По гранулометрическому составу почва под лугом тяжелосуглинистая, тогда как находящаяся под смешанным лесом – среднесуглинистая (табл. 1). Содержание илстых частиц в гумусовом горизонте луговой почвы было на 7 % больше, чем в лесной.

Таблица 1. Результаты гранулометрического анализа почв

Место отбора образца	Глубина взятия образца, см	Размер гранулометрических элементов, мм, и их содержание, %						
		1-025	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
Луг	0-15	0,3	10,2	48,4	7,5	10,0	23,6	41,1
	15-30	0,2	5,3	53,4	9,0	9,6	22,5	41,1
	40-50	0,1	6,0	44,7	6,4	9,5	33,3	49,2
	80-90	0,1	6,8	39,5	7,2	12,7	33,7	53,6
Лес	0-15	0,4	7,0	57,8	8,7	11,5	16,6	36,8
	15-30	0,2	4,1	56,5	9,8	11,0	18,4	39,2
	40-50	0,1	4,8	48,0	5,3	11,2	30,6	47,1
	80-90	0,1	7,5	43,1	8,6	9,1	31,6	49,3

Более тяжелый гранулометрический состав и меньшее содержание гумуса в луговой почве отразилось и на ее плотности сложения, которая была значительно выше по сравнению с почвой в лесу. Так, средняя плотность сложения верхнего 0–20 см слоя почвы в лесу была равна 1,33 г/см³, а в почве на лугу – 1,45 г/см³. Ранее нами было установлено, что плотность сложения серой лесной почвы, равная 1,40 г/см³, является критической, поскольку при этом происходит резкое снижение ее водопроницаемости, уменьшается наименьшая влагоемкость, а доступность воды растениям снижается. Проведенные исследования по изучению динамики влажности и запасов влаги в серой лесной почве, занятой луговыми и лесными сообществами, выявили существенные различия в их биологических и водно-физических свойствах.

Серые лесные почвы характеризуются периодически промывным типом водного режима. Сквозное промачивание почвенного профиля происходит ранней весной и поздней

осенью. В эти периоды отмечаются наиболее высокие значения химических элементов в почвенных растворах. В летний период влага в почве пополняется за счет выпадения кратковременных дождей, однако промачивание почвенного профиля не превышает 10–20 см. При недостаточном увлажнении передвижение влаги вниз по профилю почвы прекращается, и формирование почвенных растворов не происходит.

Значительное летнее иссушение серых лесных почв приводит к образованию сети полигональных трещин. Они в большей степени проявляются в почве под смешанным лесом, где трещины достигают ширины 0,5–1,5 см и глубины от 5–8 до 18–20 см. Наличие трещин в почвенном профиле способствует суспензионному передвижению илстых частиц после размокания и разрушения каплями дождя комочков почвы и почвенного материала, выносимого на поверхность землероями. После отмывки илстых частиц на поверхности почвы остается тонкая пленка белесого цвета из кремнезема.

Заметными были различия и в температурном режиме почв. Так, разница температуры воздуха в летний период между луговыми открытыми участками и смешанным лесом достигала 1,7–4,5 °С, температура почвы на глубине 11 см была выше на 1,7–3,6 °С, а температура на поверхности почвы на 2,4–6,2 °С соответственно. Луговые участки быстрее оттаивали и прогревались, чем лесные. Вместе с тем в лесу практически не отмечалось значительного промерзания почвы. Благодаря подстилке вся влага трансформировалась во внутриводный сток, тогда как под лугом из-за плотной густой дернины и уплотненной почвы наблюдался поверхностный сток.

В лесном биогеоценозе почва оттаивала позже и прогревалась меньше, чем почва под луговыми травами. Температура поверхности почвы под смешанным лесом в экстремально жаркое лето 2010 г. не превышала 27 °С, тогда как на луговом участке она прогревалась до температуры более 40 °С. Разница температур между лугом и лесом 28 июля на глубине 10 см составляла 3,9 °С (25,1 и 21,2 °С соответственно).

Сравнительная характеристика содержания основных химических элементов в серой лесной почве, занятой лесом и залежью, показала, что за небольшой период времени (12 лет), с момента перевода пахотной серой лесной почвы в залежь, существенных изменений в ее вещественном составе не произошло. По сравнению с лесным биогеоценозом в ней содержалось меньше Al и Fe, а содержание P и K было выше, что можно объяснить внесением минеральных удобрений в пахотную почву (табл. 2). Реакция почвенных растворов по профилю серых лесных почв, в основном, зависела от состава почвенного поглощающего комплекса и содержания органического вещества. В гумусовом горизонте реакция растворов была близка к нейтральной (pH 6,6–7,2), и возростала до слабощелочной и щелочной (pH 7,2–8,1) в иллювиальных горизонтах.

Таблица 2. Содержание подвижных форм химических элементов в серой лесной почве, мг/100 г

Фитоценозы	Глубина, см	Al	Fe	Ca	P	K	Na
Зарастающая Лесом залежь	0-5	7,2	1,6	109	5,1	18,3	4,6
	5-20	10,6	1,9	104	3,3	20,3	3,7
	20-40	11,7	1,9	101	2,3	15,2	4,1
	40-50	16,6	1,8	96	2,1	17,7	4,5
	80-90	16,0	1,8	95	3,4	20,3	5,5
Лес	0-5	12,0	1,9	108	1,6	14,3	4,0
	5-20	20,5	4,1	110	1,2	12,3	3,6
	20-40	17,3	2,9	110	1,8	11,5	3,9
	40-50	12,9	1,7	109	1,5	16,2	4,3
	80-90	15,3	3,3	98	2,3	19,5	5,5

В условиях периодически промывного типа водного режима значительного накопления водорастворимых солей в профиле почв не происходило. Наименьшее содержание солей в почвенных растворах в количестве 108–138 мг/л отмечалось в ранневесенний период в гумусовом горизонте за счет разбавления их талыми водами.

В иллювиальных горизонтах величина плотного остатка возрастала до 159–188 мг/л, а в летний период до 241–322 мг/л. Содержание химических элементов в почвенных растворах лугового и лесного участков отличалось незначительно (табл. 3). Миграция химических элементов по профилю почвы определялась их подвижностью в водной среде. Так, содержание Al, Fe, P и большинства тяжелых металлов задерживалось в гумусово-элювиальном горизонте. Из наиболее подвижных ионов в водной среде следует отметить: Ca, Si, S, Na и K. Кальций активно выщелачивается из почвы и формирует внутрипочвенный сток, который с другими подвижными химическими элементами впоследствии питает р. Любожиху. Следует отметить, что содержание кальция по профилю серой лесной почвы возрастает, и это является своего рода барьером для выщелачивания большинства тяжелых металлов (табл. 3, 4).

Таблица 3. Содержание химических элементов в почвенных растворах, мг/л (14.04.2009)

Биогеоценоз, глубина	Al	Fe	Ca	K	Na	P	Zn	S	Si
Лес, 5см	1,68	0,94	89	4,9	5,6	0,17	0,25	3,9	10,4
20	0,15	0,12	104	1,5	2,4	0,08	0,01	3,5	6,6
50	0,01	0,03	95	0,6	2,8	0,08	0,01	3,8	7,4
90	0,01	0,03	109	0,5	2,7	0,06	0,01	3,8	6,5
Луг, 5см	1,17	0,90	63	3,9	6,7	0,60	0,14	2,6	13,7
20	0,01	0,03	96	1,3	5,2	0,16	0,05	3,8	8,3
50	0,01	0,03	110	2,1	5,8	0,05	0,03	6,4	8,8
90	0,01	0,02	82	1,4	4,4	0,09	0,03	2,9	6,8
Снег	0,01	0,01	0,6	0,1	1,4	0,02	0,02	1,9	0,07

Вслед за кальцием идут кремний и сера, распределение которых ниже гумусового горизонта можно считать равномерным (табл. 3, 4). Содержание кремния было довольно высоким и колебалось по профилю почв от 5,3 до 17,9 мг/л. В результате значительного промачивания почвы осенними осадками и прекращении вегетации растений, содержание кремния в почвенных растворах возрастало. Такое поведение химического элемента отмечалось и для серы, содержание которой в почвенных растворах было ниже и составляло 2,6–6,4 мг/л.

Содержание калия в гумусовом горизонте больше, чем натрия, но в нижележащих горизонтах, наоборот, содержание натрия заметно выше. В период активной вегетации растений содержание калия в почвенных растворах возрастало до 6,2 мг/л (27.05–18.06). Такое увеличение можно объяснить высвобождением калия из растительных остатков и концентрированием почвенных растворов. Содержание фосфора, в почвенных растворах, не превышало десятых долей (0,10–0,60 мг/л), причем его содержание в нижележащих горизонтах возрастало (табл. 4). Это можно объяснить как концентрированием почвенных растворов, так и увеличением его содержанием в иллювиальных горизонтах.

Таблица 4. Динамика содержания химических элементов в почвенных растворах лесного биогеоценоза*, мг/л.

Глубина, см	C	Ca	K	Na	P	Zn	S	Si
5	<u>16,3</u>	<u>44</u>	<u>3,8</u>	<u>1,6</u>	<u>0,17</u>	<u>0,150</u>	<u>3,2</u>	<u>6,8</u>
	9,3	38	5,3	3,8	0,23	0,320	3,2	12,8
20	<u>9,4</u>	<u>96</u>	<u>1,4</u>	<u>1,4</u>	<u>0,03</u>	<u>0,035</u>	<u>3,2</u>	<u>5,7</u>
	6,4	101	1,6	1,7	0,12	0,006	3,8	6,9
50	<u>8,3</u>	<u>96</u>	<u>0,6</u>	<u>1,4</u>	<u>0,04</u>	<u>0,048</u>	<u>3,1</u>	<u>5,3</u>
	6,6	100	0,7	1,6	0,15	0,013	4,4	6,5
90	<u>6,9</u>	<u>111</u>	<u>0,4</u>	<u>1,5</u>	<u>0,01</u>	<u>0,025</u>	<u>2,6</u>	<u>5,9</u>
	6,0	119	0,6	2,4	0,16	0,001	3,6	7,1
снег	2,0	0,7	0,15	1,3	0,004	0,006	0,9	0,04
р. Любожиха	<u>15,0</u>	<u>86</u>	<u>1,4</u>	<u>4,2</u>	<u>0,047</u>	<u>0,013</u>	<u>4,1</u>	<u>5,8</u>
	4,5	109	1,5	6,4	0,089	0,020	4,7	5,3
Берёзовый сок	562	133	65	1,1	1,67	0,830	0	0,05

Примечание: Над чертой – за 24.04. 2009; под чертой – за 27.05.2009.

Заслуживают внимания данные, полученные по содержанию водорастворимого углерода в почвенных растворах и поверхностных водах р. Любожихи. Содержание углерода в гумусовом горизонте находилось в пределах 9–16 мг/л. В иллювиальных горизонтах его содержание было ниже и составляло 6–9 мг/л. В поверхностных водах во время весеннего снеготаяния, максимальное содержание углерода составило 15 мг/л, а в снеговых водах – 2 мг/л.

Расчеты показали, что с талым стоком с водосборного бассейна р. Любожихи выносятся ежегодно не менее 5,5 кг/га углерода. Наибольшее концентрирование углерода, биогфильных элементов и микроэлементов отмечено для растений березы во время сокодвижения. Общее содержание органических и минеральных веществ в березовом соке составляло от 9,3 до 14,0 г/л.

Что касается луговой почвы, то за весь вегетационный период нам редко удавалось отобрать почвенные растворы из верхнего гумусово-элювиального горизонта и не всегда – из нижележащих горизонтов. Как было показано выше, это связано с неудовлетворительными водно-физическими свойствами серой лесной почвы, занятой луговым сообществом. По химическому составу почвенные растворы лугового биогеоценоза близки к лесному. Однако интенсивность проявления элювиально-иллювиального процесса в почве лесного фитоценоза более высокая, чем в почве лугового фитоценоза.

Определение содержания химических элементов в почвенных растворах после оттаивания почвы 27.04.2011 показало их невысокую концентрацию, которая затем повышалась в результате иссушения почвы (4.05.2011). Вниз по профилю почвы содержание алюминия (с 6,32 до 0,02 мг/л) и железа (с 3,43 до 0,001 мг/л) резко падало, а кальция заметно возрастало. Это можно объяснить более кислой реакцией среды гумусового горизонта и увеличением содержания по профилю гидрокарбонатов кальция.

Содержание калия на глубине 5 см по срокам отбора образцов существенно не изменилось (3,15–3,88 мг/л), тогда как в нижележащих горизонтах его содержание закономерно снижалось в результате потребления растениями. Наиболее высокое содержание фосфора (0,22 мг/л) отмечено в гумусовом горизонте (0–20 см). Распределение натрия по профилю серой лесной почвы было равномерным. Под луговыми фитоценозами в почвенном растворе содержалось больше фосфора (0,19–0,32 мг/л) и меньше калия (4,9–6,0 мг/л) по сравнению с лесными (0,19–0,25 и 8,4–9,4 мг/л соответственно). Это можно объяснить более интенсивным потреблением калия луговыми растениями.

Для тяжелых металлов Cu и Zn было характерно их закрепление в верхнем гумусовом горизонте в слое 0–20 см в результате меньшей подвижности этих элементов. Содержание меди в почвенных растворах на глубине 5 см находилось в пределах от 0,023 мг/л до 0,074 мг/л и падало до 0,004–0,007 мг/л на глубине 50–90 см. Подвижность цинка была несколько выше, его содержание по срокам исследования на глубине 5 см составляло 0,27–2,34 мг/л.

Содержание таких загрязнителей окружающей среды, как Cr, Pb и Ni, в почвенных растворах находилось на уровне следовых концентраций (<0,001–0,005 мг/л). В результате исследований было установлено, что почвенная влага содержит больше солей и биогенных элементов – N, C, P и S по сравнению с жидким ионным стоком.

Литература

1. Переверзев В. Н. Современные почвенные процессы в биогеоценозах Кольского полуострова. – М.: Наука, 2006. – 153 с.
2. Трофимов С. Я., Караванова Е. И. Жидкая фаза почв : учеб. пособие по некоторым главам курса химии почв. – М.: Университетская книга, 2009. – 111 с.
3. Яшин И. М., Шишов Л. Л., Раскатов В. А. Методология и опыт изучения миграции веществ. – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 173 с.

БАКТЕРИИ – УЧАСТНИКИ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА УГЛЕРОДА**Т. М. Гусева,***Рязанский государственный медицинский университет
им. академика И. П. Павлова, Российская Федерация*

Углерод – главный элемент в живой природе. Каждая молекула живого организма построена на основе углеродного скелета. Он составляет примерно 50 % сухой массы клеток. Источником углерода может служить CO_2 или органические вещества. Для метаболизма микробов требуются те же химические элементы, что и для животных, растений. Среди них 4 главных, называемых органогенами: С, О, Н, N – эти вещества составляют 95 % сухой массы клеток. У подавляющего большинства автотрофов фиксация CO_2 происходит в процессе цикла Кальвина. У зеленых бактерий рода *Culosobium* усвоение CO_2 происходит в цикле трикарбонных кислот. Усвоение углеродных соединений гетеротрофами происходит при использовании готовых органических соединений. Например, митилотрофы усваивают углерод из CH_4 . У бактерий *Pseudomonas* открыт открыт сериновый цикл усвоения углерода – образование серина из глицина и формальдегида.

Брожение углеводов. Пропионовокислые бактерии (*Propionibacterium*) – это грамположительные неподвижные, неспорообразующие палочки; микроаэротолерантные бактерии со сложными питательными потребностями. Пропионовокислые бактерии обитают в кишечнике жвачных животных, где благодаря им молочная кислота сбрасывается в пропионовую. Помимо пропионовокислых бактерий, пропионовую кислоту образуют вейлонеллы, кластридии, бактерии рода микромоноспора. В муравьинокислом брожении принимают участие энтеробактерии (*Enterobacteriaceae*) – это грамтрицательные подвижные, неспорообразующие палочки; факультативные анаэробы с простыми питательными потребностями. К семейству энтеробактерий относят эшерихии, клебсиеллы, сальмонеллы, протей. Эшерихии (*E.coli*) – обитатели кишечника человека и животных, их присутствие в питьевой воде само по себе не опасно. Но в кишечнике может находиться и ряд патогенных бактерий. Обнаружение этого вида в воде показывает, что она загрязнена содержимым кишечника человека и животных. В маслянокислом и ацетонобутиловом брожении принимают участие кластридии – грамположительные подвижные, спорообразующие палочки; в роду бактерии варьируют от строгих анаэробов (*Clostridiumpasteurianum*) до микроаэротолерантных (*Cl.acetobutylicum*) микроорганизмов со сложными питательными потребностями. Анаэробные кластридии (*Cl.butiricum*), которые встречаются в почве, иле, вызывают порчу картофеля, овощей, консервов, силоса.

Лактобактерии – это грамположительные неспорообразующие палочки, в подавляющем большинстве неподвижные. Эти бактерии почти никогда не обнаруживаются в почве или водоемах. В естественных условиях встречаются в молоке, кисломолочных продуктах, местах переработки молока (*L.lactis*, *L.bulgaricus*, *L.casei*); на растениях и разлагающихся растительных остатках (*L.brevis*, *L.fermentum*); в кишечнике человека и животных (*L.acidophilus*). Помимо лактобактерий, в молочнокислом брожении принимают участие эшерихии, стрептококки, бифидобактерии. Благодаря своему консервирующему действию, основанному на подкислении среды, молочнокислые бактерии используют в молочной промышленности, сельском хозяйстве: приготовление силоса (кукуруза, картофель), приготовление кислой капусты, кисломолочных продуктов (кефир, йогурты), сырокопченых колбас.

Этанол – один из широко распространенных продуктов сбраживания сахаров микроорганизмами. Главные продуценты этанола – дрожжи, особенно рода *Saccharomuces* (*S.cerevisiae*). Дрожжи осуществляют аэробное дыхание, но без доступа кислорода сбраживают углеводы до этанола и CO_2 ; кислород подавляет спиртовое брожение (эффект Пастера). Человек использует дрожжи в различных целях: для производства пива используются слабодышащие формы «низовых дрожжей» (мюнхенское пиво), для получения вина, спирта, реже пива (эль, портер) используют «верховые дрожжи». Для получения спирта используют отхо-

ды сахара (мелассу), картофеля; для получения дешевого спирта используют гидролизаты древесины лиственных пород и отходы бумажных фабрик, для брожения виноградного сока – дрожжи рода *Kloeckera*. Спиртовое брожение обнаружено у бактерий рода *Sarcina* (*S.ventriculi*).

Разложение клетчатки. Целлюлоза является составной частью всякого растительного материала, и синтез ее по своим масштабам превосходит синтез всех других природных соединений. Клетчатка (целлюлоза) составляет от 15 до 70 % сухой массы растений. Отмершие растения попадают в почву и разрушаются. Интенсивность разложения целлюлозы – хороший показатель общей биологической активности почвы. Расщеплять целлюлозу в рубце животных способны руминококки (*R.allbus*), бактероиды (*Bacteroidessuccinogenes*), клостридии (*Cl.cellobiogram*). В аэробных условиях клетчатку разрушают бактерии рода *Citophaga*, *Cellfacticuba*, *Sorangium*, *Polyangium*, грибы родов *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*.

Второе место после целлюлозы по распространению в природе занимает среди углеводов ксилан: солома и жмых сахарного тростника содержат до 30 % ксилана, древесина хвойных пород 7–12 %, древесина лиственных пород 20–25 % ксилана. Ксилан расщепляется быстрее и большим числом микроорганизмов, чем целлюлоза. Какие микроорганизмы будут воздействовать на попавший в почву ксилан, зависит от условий среды: в кислых почвах – грибы, в нейтральных и щелочных – бациллы, спорозитофага.

Способность расщеплять пектин присуща многим грибам и бактериям. В почве численность микроорганизмов, разлагающих пектины, чрезвычайно велика: 10^5 клеток на 1 г почвы. К наиболее активным из них относят спорообразующие микроорганизмы рода *Bacillus* (*B.macerans*, *B.polymyxa*). Пектолитические ферменты грибов используют в пищевой промышленности – осветление фруктовых соков. Пектиновое брожение лежит в основе получения волокна из льна, конопли, джута.

Одним из природных соединений является лигнин. В количественном отношении это один из главных компонентов растительных тканей, примерно равный по объему ксилану. Лигнин служит источником медленно не распадающегося органического вещества почв, в особенности гуминовых почв. В процессе окисления принимают участие грибы *Polistictis*, бактерии рода *Pseudomonas*, *Achromobacter*. Некоторые грибы могут разрушать лигнин даже в живых растениях. Разрушающие древесину базидиомицеты можно разделить на две группы. Возбудители бурой гнили превращают древесину в красновато-коричневую массу и главным образом разрушают целлюлозу. Возбудители белой гнили разрушают древесину с образованием почти белой массы – действуют на лигнин и почти не затрагивают целлюлозу. К грибам, разрушающим лигнин, относят грибы рода *Polistictis* (*P.versicolor*). Есть также грибы, разлагающие одновременно и лигнин, и целлюлозу – грибы родов *Ganoderma*, *Polyporus*.

Разложение углеводов. Метилотрофы – микробы, окисляющие одноуглеродные вещества, содержащие металлическую группу (метан, метанол, метиламин), а также муравьиную кислоту. Метилотрофы распространены в почве, воде водоемов, болот; сточных и шахтных водах, перспективны для получения кормового белка: облигатные метилотрофы – это бактерии родов *Methylococcus*, *Methylobacter*, *Methylomonas*; факультативные метилотрофы – бактерии родов *Pseudomonas*, *Mycobacterium*. К группе микробов, окисляющих углеводороды, содержащие от 2 до 8 атомов углерода, относят бактерии рода *Mycobacterium*, *Flavobacterium*. Вторая подгруппа – углеводороды с цепью из 8 и более атомов углерода: бактерии родов *Pseudomonas*, *Corinebacterium*, грибы рода *Candida*. Легче окисляются углеводороды с 12–18 углеродными атомами и ненасыщенные углеводороды. Выращивая на углеводородных отходах дрожжи рода *Candida*, получают из непищевого сырья дешевый белково-витаминный концентрат для подкормки сельскохозяйственных животных. Культивирование микобактерий используют для получения аминокислот, витаминов, салициловой кислоты. Большое значение эти микробы имеют для биологической очистки воды, загрязненной нефтепродуктами.

Метанообразующие бактерии – это группа облигатных анаэробов, группа пестрая по морфологическим признакам: *Methanomicrobium*, *Methanococcus*, *Methanosarcina*, *Methanospirillum*. Бактерии этой группы могут образовывать CH_4 в процессе окисления H_2 ,

который является донором, а акцептором – CO_2 . Может образовываться метан и из других субстратов – формиата, ацетата, метанола. Эти микробы распространены в анаэробных условиях (ил, заболоченные почвы); их можно использовать как продуцентов горючего газа при переработке отходов промышленности, дешевого растительного сырья, навоза.

Таким образом, в круговороте углерода микроорганизмы играют значительную роль.

УДК 579.22

УЧАСТИЕ БАКТЕРИЙ В БИОЛОГИЧЕСКОМ КРУГОВОРОТЕ АЗОТА

Т. М. Гусева,

*Рязанский государственный медицинский университет
им. академика И. П. Павлова, Российская Федерация*

В природе постоянно совершается круговорот веществ, которые необходимы для жизни растений и животных. Особенно важно превращение веществ-органогенов. Главным источником азотного питания зеленых растений служат аммонийные соли и нитраты, накопление которых связано с деятельностью почвенных и водных микроорганизмов (аммонификаторы и нитрификаторы). Остатки животных, растений и их природные выделения постоянно пополняют запасы органического азота почвы и водоемов. Эти вещества используются микроорганизмами для пластического и энергетического метаболизма.

Аммонификация – это превращение азотсодержащих органических соединений в NH_3 и его соли. В результате выделения NH_3 этот процесс называют гниением. Образующиеся промежуточные и конечные продукты включаются в конструктивный обмен. Аммонификация – важнейший процесс, определяющий плодородие почвы. Разложение аминокислот приводит к накоплению побочных продуктов: в анаэробных условиях из цистеина и метионина образуется H_2S и меркаптан (CH_3SH), из тирозина – фенол, из триптофана – индол, скатол и индолуксусная кислота, которая является стимулятором роста растений; ряд токсических соединений – диамины и птомаины (в частности, кадаверин – компонент трупного яда). В аэробных условиях разложения до NH_3 , CO_2 , H_2O , солей серных и фосфорных кислот. В гниении принимают участие аэробные бактерии *Bac. subtilis*, *mesentericus*, *Sporosarcina ureae*, *Pr. vulgaris*, *Cl. sporogenes*, *Bac. cereus*, грибы рода *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*.

Нитрификация – это окисление NH_3 и солей аммония с образованием азотистой и азотной кислот. Протекает в 2 фазы: окисление аммиака до азотистой кислоты (бактерии *Nitrosomonas*, *Nitrosolobus*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira*) и окисление азотистой кислоты до азотной (*Nitrobacter*, *Nitrospina*). Для высших растений нитрификация считается полезной. Значение заключается в том, что образуемая азотная кислота должна растворять нерастворимые соединения, содержащиеся в почве, прежде всего соли фосфора. Отрицательная роль – нитраты легче вымываются из почвы. Второй отрицательный момент – нитраты токсичны для человека и животных, обладают мутагенным и канцерогенным свойствами.

Денитрификация – это процесс восстановления нитратов и нитритов с образованием молекулярного азота, он ведет к потере запасов азота в почве и расценивается как процесс, вредный для сельского хозяйства. Денитрифицирующие бактерии распространены во влажных почвах – *Ps.aeruginosa*, *Ps.fluorescens*, *Achromobacter stutzeri*, бактерии родов *Neisseria*, *Paracoccus*. Денитрифицирующие микробы используются для очистки сточных вод от нитратов.

Азотфиксация. Значение биологической фиксации азота – азот основной элемент минерального питания, определяющий урожай растений. В почве содержатся большие запасы азота в составе гумуса. Азотфиксирующие микробы можно разделить на две группы. Одни являются свободноживущими в почве или воде, другие находятся в симбиозе с эукариотами (например, клубеньковые бактерии с бобовыми растениями). Первую группу подразделяют на группы по их отношению к молекулярному O_2 . К облигатным аэробам относят микробов семейства *Azotobacteriaceae* – представителей *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*; часть фиксированного азота (около 25 %) выделяется в почву в виде

аминокислот и NH_3 . Азотобактерии являются продуцентами большого количества витаминов группы В и других биологически активных веществ. В присутствии NH_3 деятельность этих микробов заметно снижается; они требовательны к влаге и наличию молибдена в почве. Бактерии рода *Azotomonas* близки к *Azotobacter vinelandii*, но в отличие от последних не образуют цисты (*Az. insignis*, *macrocitogenes*). В тропических районах распространены аэробные бактерии рода *Beijerinckia* – *B. mobilis*, *indicum*; бактерии отличаются кальцефобностью, устойчивостью к высоким концентрациям Fe и Al; оптимум роста pH 3,0. В южных районах в почвах обнаружены спириллы рода *Azospirillum* (*Abrasiilense*), которые располагаются на поверхности корней. Активно фиксируют N_2 цианобактерии родов *Nostoc*, *Oscillatoria* (фиксируют до 50 кг на 1 га почвы). К факультативным анаэробам относят представителей семейства *Enterobacteriaceae* – родов *Klebsiella*, *Enterobacter*. К строгим анаэробам – бактерии *Clostridium pasteurianum*, *Cl. felsineumetbutiricum*.

Таким образом, в круговороте азота значительную роль играют почвенные микроорганизмы, обеспечивающие обмен данного биогена и поддержание стабильности химических показателей почвы.

УДК 614.72 : 629.2] : 613.13

ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА ПРИЗЕМНЫЙ СЛОЙ АТМОСФЕРЫ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДА

*А. М. Цурган, А. А. Дементьев, Т. М. Гусева,
Рязанский государственный медицинский университет
им. академика И. П. Павлова, Российская Федерация*

Среди отраслей экономики России транспортный комплекс является крупнейшим загрязнителем окружающей среды.

К особенностям автомобильного транспорта, влияющим на ухудшение условий проживания в крупных городах, относятся: 1) высокие темпы роста числа автомобилей по сравнению с ростом количества стационарных источников; 2) пространственное расположение (автомобили распределяются по всей территории населенного пункта); 3) непосредственная близость к жилым районам (автомобили размещаются в дворах жилой застройки, заполняют местные проезды); 4) низкое расположение источника загрязнения (выхлопной трубы), в результате чего отработанные газы автомобилей поступают в зону дыхания людей и слабо рассеиваются по сравнению с промышленными выбросами, которые выбрасываются на большей высоте [1, 2, 3].

Удельный вес выбросов от передвижных источников в общем объеме выбросов в Центральном федеральном округе составляет 70,14 %, а в Рязанской области – 54,96 % [4].

В Рязанской области ведущими загрязнителями атмосферного воздуха (превышающими ПДК в 5 и более раз) являются формальдегид, 3,4-бензапирен, взвешенные вещества, фенол, углерода оксид, сероводород, диоксид азота [4]. Ранее нами была изучена экологическая опасность техногенного воздействия на атмосферный воздух в отдельных районах Рязани [5–8].

Целями наших исследований являлись:

- прогноз валового и удельного выброса приоритетных загрязнителей (оксид углерода, углеводороды, оксиды азота, сажевый аэрозоль, диоксид серы, формальдегид, бензапирен) автотранспортными потоками в центре Рязани, в микрорайонах Дашково-Песочня, Московский, Приокский – Канищево, в районе окружной дороги (северный, южный, восточный участки) в теплое и холодное время года;

- прогноз экологической опасности валового и удельного выброса приоритетных загрязнителей в этих районах г. Рязани.

Интенсивность транспортных потоков и выбросы загрязняющих веществ определялись в соответствии со стандартной методикой [9].

Расчет экологической опасности осуществлялся в соответствии с требованиями экологического аудита [10].

Общая площадь г. Рязани составляет 223,7 кв. км. Нами была принята во внимание территория, непосредственно прилегающая к улично-дорожной сети, обеспечивающей движение автотранспорта, на которой проживает население города – 48,53 км²: площадь центра города: 19,12 км², площади микрорайонов: Приокский – Канищево – 12,6 км², Московский – 4,1 км², Дашково-Песочня – 5,2 км². Площадь влияния Окружной дороги (7,51 км²) определялась как произведение ее длины (с развязками) – 50,078 км на размер отвода для объездных дорог города с населением более 250 тыс. человек – 0,15 км.

Теплое время года

Установлено (табл. 1), что в теплый период года в приземный слой атмосферного воздуха могло поступать 12 701,75 т приоритетных загрязнителей, содержащихся в выбросах автотранспортных потоков, в том числе 9107,7 т оксида углерода, 1715,5 т углеводородов, 1722 т оксидов азота, 18,6 т сажевого аэрозоля, 117,2 т диоксида серы, 20,65 т формальдегида, 4,9 кг бензапирен.

На долю Окружной дороги пришлось 42,4–57,9 % загрязнителей (максимум – бензапирен, сажевый аэрозоль, диоксид серы), в центре города выбрасывалось 25,0–38,9 % (максимум – формальдегид, СО, углеводороды), в мкр. Приокский – Канищево в воздух поступало от 7 до 11 % выбросов загрязняющих веществ (максимум формальдегид и бензапирен), на долю микрорайона Дашково-Песочня приходилось 4–8 % выброса (максимум формальдегид, оксиды азота). Минимум выброса пришлось в теплое время на мкр. Московский 1,5–4,4 % (максимум СО, оксиды азота, формальдегид). Выстроен ряд убывания территорий: Окружная дорога, центр города, Приокский – Канищево, Дашково-Песочня, Московский.

Анализ структуры выброса показал, что в целом по городу, в микрорайонах Приокский – Канищево и Дашково-Песочня структура выброса имела вид в порядке убывания СО; NOx; СxHy; SO₂; HCHO; сажа; БП. В центре города и в мкр. Московский структура выброса автотранспортных потоков была несколько иной: СО; СxHy; NOx; SO₂; HCHO; сажа; БП: на второе место выходил выброс углеводородов. Структура выброса автотранспорта на Окружной дороге также имела отличие: СО; NOx; СxHy; SO₂; сажа; HCHO; БП – выброс сажевого аэрозоля опережал выброс формальдегида.

Анализ экологической опасности выбросов автотранспорта (табл. 2) показал, что она очень велика – 189 052 139,1 усл. т. 20 547 408 усл. т приходились на долю бензапирена, 135 614 521 усл. т связаны с выбросами оксидов азота; 9 849 030 усл. т – выброс диоксида серы, 8 677 093 усл. т – экологическая опасность выброса формальдегида, 7 205 068 усл. т. – опасность выброса углеводородов, опасность выброса СО составляла 6 375 324 усл. т; минимум экологической опасности приходился на выброс сажевого аэрозоля – 783 694,7 усл. т.

На долю Окружной дороги приходилось 42,4–57,9% экологической опасности загрязнителей (максимум – бензапирен, диоксид серы сажевый аэрозоль, в центре города экологическая опасность выброса составляла 26,5–38,9 % (максимум – формальдегид, СО, углеводороды), в мкр. Приокский – Канищево – 7,18–11,36 % (максимум формальдегид и бензапирен), на долю мкр. Дашково-Песочня – 4–8 % экологической опасности (максимум формальдегид, оксиды азота). Минимум экологической опасности выброса приходилось в теплое время на мкр. Московский 1,6–4,4 % (максимум СО, углеводороды, оксиды азота, формальдегид). Выстраивался ряд убывания территорий: Окружная дорога, центр города, Приокский – Канищево, Дашково-Песочня, Московский (аналогично выбросу загрязнителей).

Анализ структуры экологической опасности показал, что в целом по городу и в районе Окружной дороги ряд убывания опасности загрязнителей имел вид: NOx; БП; SO₂, HCHO; СxHy; СО; сажа, в то время как в остальных территориальных образованиях ряд убывания был несколько иным: NOx; БП; HCHO; SO₂; СxHy; СО; сажа, т. е. на третье место выходил формальдегид, опережая диоксид серы.

Большую информативность имеет **удельный выброс загрязнителей, т/км²** (табл. 3). Этот показатель позволяет более объективно оценить техногенное воздействие выбросов загрязняющих веществ на приземный слой атмосферного воздуха. Было установлено, что ва-

ловой удельный выброс составляет 1357,5 т/км и колеблется в пределах от 0,5 кг/км² (бензапирен) до 970,7 /км² (оксид углерода). На долю окружной дороги приходилось 57,0–57,5 % загрязнителей (максимум – бензапирен, сажевый аэрозоль, диоксид серы), в центре города выбрасывалось 12,0–19,4 % (максимум – формальдегид, СО, углеводороды); на долю мкр. Дашково-Песочня приходилось 8–14% выброса (максимум формальдегид, оксиды азота, сажевый аэрозоль). Минимум экологической опасности выброса приходилось в теплое время на мкр. Московский 5,37– 9,98 (максимум углеводороды, СО, оксиды азота) и Приокский – Канишево – 5,48–8,61 % (максимум формальдегид). Таким образом, выстраивался ряд убывания территорий Окружная, город, Песочня, Московский, Приокский.

Анализ структуры удельного выброса показал, что центре города структура выброса имела вид: СО; СхНу; NOx; SO₂; НСНО; сажа; БП. В остальных районах и по городу в целом структура была несколько иной: СО; NOx; СхНу; SO₂; НСНО; сажа; БП – на второе место выходили оксиды азота.

Анализ экологической опасности **удельного выброса** автотранспорта в теплое время года (табл. 4) показал, что она очень велика. На 1 км² территории г. Рязани приходится 201,1*10⁶ усл. т приоритетных загрязнителей. Возможно построение рядов убывания экологической опасности приоритетных загрязнителей, содержащихся в выбросах автотранспортных потоков: оксиды азота (15,2*10⁶ усл. т), бензапирен (2,3*10⁶ усл. т), SO₂ (1,1*10⁶ усл. т), формальдегид – (0,9*10⁶ усл. т), СхНу – (0,78*10⁶ усл. т), СО – (0,679*10⁶ усл. т), сажевый аэрозоль – (0,086*10⁶ усл. т).

На долю Окружной дороги приходилось 53,0–68,5% экологической опасности удельного выброса загрязнителей (максимум – бензапирен, сажевый аэрозоль, диоксид серы), в центре города экологическая опасность выброса колебалась в пределах 14,2–19,4 % (максимум – формальдегид, СО, углеводороды), в мкр. Приокский – Канишево – 5,18–8,61 % (максимум формальдегид и остальные загрязнители практически поровну), на долю мкр. Дашково-Песочня приходилось 11,97–14,84 % экологической опасности (максимум формальдегид, оксиды азота, углеводороды, СО, сажевый аэрозоль). Минимум экологической опасности выброса приходилось в теплое время на мкр. Московский 3,6–9,98 % (максимум углеводороды, СО, формальдегид).

Анализ структуры экологической опасности удельного выброса загрязнителей автотранспортом показал, что в целом по городу и во всех селитебных территориях ряд убывания опасности загрязнителей имел вид – в районе Окружной дороги ряд убывания опасности загрязнителей – NOx; БП; SO₂; НСНО; СхНу; СО; сажа. В центре города, мкр. Приокский – Канишево, Дашково-Песочня ряд был несколько иным – NOx; БП; НСНО; SO₂; СхНу; СО; сажа. Формальдегид, опережая диоксид серы, выходил на третье место. В мкр Московский ряд имел вид: NOx; БП; НСНО; СхНу; SO₂; СО; сажа, т. е. удельная опасность диоксида серы была еще меньше, на четвертое место выходили углеводороды. Выстраивался ряд убывания территорий с опасностью удельного выброса приоритетных загрязнителей: Окружная дорога, центр города, мкр. Дашково-Песочня, Московский, Приокский – Канишево.

Таким образом, максимальное техногенное воздействие выброса приоритетных загрязнителей на приземный слой атмосферного воздуха в теплый период года отмечается в районе Окружной дороги, центра города и мкр. Дашково-Песочня, а так как в районе Окружной дороги практически отсутствует население, неблагоприятное воздействие автотранспорт в теплое время года оказывает в центре города и в мкр. Дашково-Песочня.

Холодное время года

Установлено (табл. 5), что в холодный период года в приземный слой атмосферного воздуха могло поступать 6943,82 т приоритетных загрязнителей, содержащихся в выбросах автотранспортных потоков, в том числе 4767,03 т оксида углерода, 1017,575 т углеводородов, 1059,227 т оксидов азота, 12,94 т сажевого аэрозоля, 73,85263 т диоксида серы, 13,19587 т формальдегида, 3,3 кг бензапирена.

На долю **Окружной дороги** в холодное время года приходилось 40,18–57,9 % загрязнителей (максимум – бензапирен, сажевый аэрозоль, диоксид серы), в **центре города** выбрасывалось 26,44–40,19,9 % (максимум – СО, формальдегид, углеводороды), в мкр. **Приок-**

ский – Канищево в воздух поступало от 7,21 до 11,88 % выброса загрязняющих веществ (максимум формальдегид СО, бензапирен), на долю мкр. Дашково-Песочня приходилось 4,8–8,19 % выброса (максимум формальдегид, оксиды азота, углеводороды). Минимум выброса приходилось на мкр Московский – 1,62–4,47 % (максимум углеводороды, СО, оксиды азота, формальдегид). Итак, в холодное время года выстраивался ряд убывания территорий: Окружная дорога, центр города, Приокский – Канищево, Дашково-Песочня, Московский.

Анализ структуры выброса показал, что в целом по городу, в районе Окружной дороги, мкр. Приокский – Канищево и Дашково-Песочня структура выброса по веществам имела вид в порядке убывания СО; NOx; СxHy; SO₂; HCHO; сажа; БП. В центре города, в мкр. Московский ряд убывания был несколько другим: СО; СxHy; NOx; SO₂; HCHO; сажа; БП – на второе место по значимости выходили углеводороды, отнесенные оксиды азота на третье место.

Анализ экологической опасности выбросов автотранспорта в холодное время года (табл. 6) показал, что она велика – 117,1*10⁶ усл. т. 83,4 *10⁶ усл. т были связаны с выбросами оксидов азота; 13 8 *10⁶ усл. т приходились на долю бензапирена, 6,2*10⁶ усл. т – выброс диоксида серы, 5,5*10⁶ усл. т – экологическая опасность выброса формальдегида, 4,2*10⁶ усл. т – опасность выброса углеводородов, опасность выброса СО составила 3,3 *10⁶ усл. т; минимум экологической опасности приходился на выброс сажевого аэрозоля – 0,543*10⁶ усл. т.

На долю Окружной дороги приходилось 40,2–57,9 % экологической опасности загрязнителей (максимум – бензапирен, сажевый аэрозоль диоксид серы, в центре города экологическая опасность выброса в холодное время года колебалась в пределах 26,5–38,9 % (максимум – СО, формальдегид, углеводороды), на мкр. Приокский – Канищево – в холодное время года приходилась экологическая опасность 7,92–8,29 % (максимум формальдегид, СО, бензапирен). На долю мкр. Дашково-Песочня приходилось 4–8 % экологической опасности (максимум формальдегид, оксиды азота). Минимум экологической опасности выброса приходился в теплое время на микрорайон Московский – 4,8–8,2 % (максимум формальдегид, оксиды азота, углеводороды). Таким образом выстраивался ряд убывания территорий: Окружная дорога, центр города, Приокский – Канищево, Дашково-Песочня, Московский (аналогично выбросу загрязнителей)

Анализ структуры экологической опасности показал, что в целом по городу и в районе Окружной дороги ряд убывания опасности загрязнителей имел вид: NOx; БП; SO₂; HCHO; СxHy; СО; сажа, в то время как в остальных территориальных образованиях ряд убывания был иным: NOx; БП; HCHO; SO₂; СxHy; СО; сажа, т.е. на третье место выходил формальдегид, опережая диоксид серы.

Большую информативность имеет **удельный выброс загрязнителей, т/км², в холодный период года** (табл. 7). Этот показатель позволяет более объективно оценить техногенное воздействие выбросов загрязняющих веществ на приземный слой атмосферного воздуха. Было установлено, что валовой удельный выброс составляет 740,4611074 т/ км². И колеблется в пределах от 0, 254кг/км² (бензапирен) до 255,05 /км² (оксид углерода)..

На долю Окружной дороги приходилось 50,89–67,73 % загрязнителей (максимум – бензапирен, сажевый аэрозоль, диоксид серы), в центре города выбрасывалось 13,33–20,00 % (максимум – формальдегид, СО, углеводороды); на долю мкр. Дашково-Песочня приходилось 12,07–13,33 % удельного выброса (максимум формальдегид, оксиды азота, углеводороды и СО). В мкр. Московский удельный выброс загрязнителей колебался в пределах 3,58–10,10 % (максимум углеводороды, СО, формальдегид, оксиды азота). Минимальный удельный выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух выявлен в холодное время года) в мкр. Приокский – Канищево – от 5,20 до 9,08 % выброса загрязняющих веществ (максимум формальдегид, оксиды азота, углеводороды, СО, сажевый аэрозоль, диоксид серы.)

Анализ структуры удельного выброса показал, что в целом по городу и в районе влияния Окружной дороги структура выброса имела вид: СО; NOx; СxHy; SO₂; сажа; HCHO; БП. В центре города распределение было несколько иное: СО; СxHy; NOx; SO₂; HCHO; сажа; БП – поменялись местами углеводороды (заняли второе место) и оксиды азота (спустился на третье место); на пятое место вышел формальдегид, шестое место занял сажевый аэрозоль. В мкр Приокский – Канищево, Дашково-Песочня, Московский структура удельного выброса в

холодное время года была иной: CO; NOx; CxHy; SO₂; HCHO; сажа; БП: вновь на второе место вышли оксиды азота, далее, как и в целом по городу, углеводороды и диоксид серы. Однако в отличие от города в целом возрастала роль формальдегида и снижалась роль сажевого аэрозоля. Как всегда, на последнем месте располагался бензапирен.

Анализ **экологической опасности удельного выброса автотранспорта** в холодное время года показал (табл. 8), что она велика. На 1 км² территории г. Рязани приходится 13039193,78 усл. т приоритетных загрязнителей. Возможно построение ряда убывания экологической опасности приоритетных загрязнителей, содержащихся в выбросах автотранспортных потоков: оксиды азота (9 322 851,0 усл. т), бензапирен (1 576 300,0 усл. т), SO₂ (692 658,4 усл. т), формальдегид (575 339,1 усл. т), CxHy (461458,8 усл. т), CO (350 815,7097 усл. т), сажевый аэрозоль (59 770,49 усл. т).

На долю Окружной дороги приходилось 50,89–67,68 % экологической опасности удельного выброса загрязнителей (максимум – бензапирен, сажевый аэрозоль, диоксид серы), в центре города экологическая опасность выброса удельного выброса колебалась в пределах 14,45–20,0 % (максимум – формальдегид, CO, углеводороды), в мкр. Приокский – Канищево – 5,20–9,08 % (максимум формальдегид и CO, остальные загрязнители практически поровну), на долю мкр. Дашково-Песочня приходилось 12,07–15,18 % экологической опасности (максимум формальдегид, оксиды азота, углеводороды, CO). Минимум экологической опасности выброса приходилось в теплое время на мкр. Московский – 3,58–10,10 % (максимум углеводороды, CO, формальдегид).

Анализ структуры экологической опасности удельного выброса загрязнителей автотранспортом в холодное время года показал, что в целом по городу и в районе Окружной дороги ряд убывания опасности загрязнителей имел вид: NOx; БП; SO₂; HCHO; CxHy; CO; сажа. Во всех селитебных территориях: центре города, мкр. Приокский – Канищево, Дашково-Песочня, Московский этот ряд был несколько иным: NOx; БП; HCHO; SO₂; CxHy; CO; сажа. Формальдегид, опережая диоксид серы выходил на третье место.

Итак, в холодное время года выстраивался ряд убывания территорий с опасностью удельного выброса приоритетных загрязнителей: Окружная, город, Дашково-Песочня, Московский, Приокский – Канищево.

Сравнение теплового и холодного времени года

Выявлено (табл. 9) преобладание валовых летних выбросов в 1,83 раза. Максимальное преобладание – на Окружной дороге (1,9 раза), минимум – в центре города и мкр. Приокский – Канищево (1,71–1,78 раза). Практически аналогичная ситуация и при анализе удельных выбросов (табл.10): преобладание летних удельных выбросов в 1,82 раза, минимум в центре города и мкр. Приокский – Канищево (1,71–1,78 раза). Рассмотрение экологической опасности выбросов автотранспорта позволило установить преобладание опасности летнего выброса (табл. 11): максимум – Окружная дорога и мкр. Московский (1,52–1,63), минимум – (1,56) мкр. Приокский – Канищево. Анализ соотношения экологической опасности удельных выбросов загрязняющих веществ автотранспортом в теплое и холодное время года показал летнее преобладание, но максимум выявлен в районе Окружной дороги и мкр. Дашково-Песочня и Московский (1,52–1,63).

Выводы

1. Приземный слой атмосферного воздуха в г. Рязани подвергается высокой экологической опасности загрязнения выбросами автотранспорта как в теплое (189,05 *10⁶ усл. т), так и в холодное время года (117,1*10⁶ усл. т).

2. Максимальное техногенное воздействие выброса приоритетных загрязнителей на приземный слой атмосферного воздуха как в теплый, так и в холодный период года отмечается в районе Окружной дороги, центра города и мкр. Дашково-Песочня.

3. В теплый и холодный периоды года по городу и в районе Окружной дороги наибольшую опасность представляли выбросы NOx; БП; SO₂, а центре города и в мкр. Дашково-Песочня – NOx; БП; HCHO.

4. Выявлено летнее преобладание экологической опасности выбросов загрязняющих веществ автотранспортом; максимум выявлен в районе Окружной дороги и мкр. Дашково-Песочня и Московский (1,52–1,63).

Таблица 1. Выбросы загрязняющих веществ автотранспортными потоками в теплое время года

	СО т/г	СхНу т/г	NOx т/г	Сажа т/г	SO2 т/г	НСНО т/г	БП т/г	Σ
<i>Окружная дорога</i>	3864,99115	753,0134	846,8625	9,86913	60,50362	7,791081	0,002835	5543,033716
<i>Центр города</i>	3522,035	631,0855	544,2421	5,834596	35,76478	8,040737	0,001297	4747,00401
<i>Приокский-Кан.</i>	698,4376	130,8219	134,0073	1,340912	9,06968	2,348033	0,00039344	976,0258184
<i>Дашково-Пес.</i>	636,8024	124,4074	129,4226	1,312358	8,179752	1,670692	0,00023568	901,7954377
<i>Московский</i>	385,34	76,16424	67,55465	0,302402	3,732524	0,809201	0,00013112	533,9031481
<i>Итого</i>	9107,606	1715,492	1722,089	18,6594	117,2504	20,65974	0,004892	12701,76213

Структура выброса автотранспортными потоками в теплое время года (по веществам)

%	СО	СхНу	NOx	сажа	SO2	НСНО	БП	Σ
<i>Окружная дорога</i>	42,4369597	43,89489	49,17647	52,89093	51,60206	37,71142	57,95176	43,63988
<i>Центр города</i>	38,6713582	36,78743	31,6036	31,26894	30,50291	38,91984	26,51267	37,3728
<i>Приокский-Кан.</i>	7,66872863	7,625911	7,781671	7,186255	7,735308	11,36526	8,042518	7,684176
<i>Дашково-Пес.</i>	6,99198439	7,251995	7,515442	7,033227	6,976311	8,086704	4,817661	7,099766
<i>Московский</i>	4,23096908	4,43979	3,922832	1,620642	3,183378	3,916801	2,680294	4,203379

Ряд убывания

	ОД	ЦГ	ПНК	П	М	ОД	ЦГ	ПНК	П	М	ОД	ЦГ	ПНК	П	М	ДО	ЦГ	ПНК	ДП	М	

Структура выброса отдельных загрязнителей автотранспортными потоками в теплое время года

%	СО	СхНу	NOx	сажа	SO2	НСНО	Б/а/П	теплое время года
<i>Окружная дорога</i>	69,73	13,58	15,28	0,19	1,09	0,14	5,1Е-05	СО;NOx;СхНу;SO2;сажа;НСНО;Б/а/П
<i>Город</i>	74,19	13,29	11,46	0,12	0,75	0,17	2,7Е-05	СО;СхНу;NOx;SO2;НСНО;сажа;Б/а/П
<i>Приок. – Каницево</i>	71,56	13,4	13,7	0,14	0,93	0,24	4,0Е-05	СО;NOx;СхНу;SO2;НСНО;сажа;Б/а/П
<i>Песочия</i>	70,61	13,79	14,35	0,14	0,9	0,18	2,6Е-05	СО;NOx;СхНу;SO2;НСНО;сажа;Б/а/П
<i>Московский</i>	72,17	14,26	12,65	0,05	0,7	0,15	2,4Е-05	СО;СхНу;NOx;SO2;НСНО;сажа;Б/а/П
<i>Всего</i>	71,7	13,5	13,56	0,14	0,92	0,16	3,8Е-05	СО;NOx;СхНу;SO2;НСНО;сажа;Б/а/П

Обозначения: Окружная дорога – ОД; Центр города – ЦГ; Приокский – Канцево – ПНК; Дашково-Песочия – ДП; Московский – М.

Таблица 2. Экологическая опасность выбросов автотранспортными потоками в теплое время года

Усл. т/год	СО	СхНу	NOx	сажа	SO2	НСНО	БП	Σ
<i>Окружная дорога</i>	2705493,805	3162656,28	6669042,188	414503,5	5082304,08	3272254	11907000	93234633,55
<i>Центр города</i>	2465424,5	2650559,1	42859065,38	245053	3004241,52	3377110	5447400	60048853,5
<i>Приокский-Кан.</i>	488906,3	549452	10553075	56318,3	761853,1	986173,9	1652448	15048226,6
<i>Дашково-Пес.</i>	445761,7	522511,1	10192030	55119,04	687099,2	701690,6	989856	13594067,64

Московский	269738	319889,808	5319928,688	12700,88	313532,016	339864,4	550704	7126357,792
<i>Всего</i>	6 375 324	7 205 068	135 614 521	783 694,7	9 849 030	8 677 093	20 547 408	189052139,1
Структура экологической опасности выбросов автотранспортными потоками (по веществам)								
%	CO	CxHy	NOx	сажа		SO2	HCHO	Σ
Окружная дорога	42,43	43,89	49,17	52,89	51,6	37,71	57,948915	49,31
Центр города	38,67	36,79	31,6	31,27	30,5	38,91	26,51	31,76
Приокский-Кан.	7,67	7,62	7,78	7,18	7,73	11,36	8,04	7,95
Дашково-Пес.	6,99	7,25	7,51	7,03	6,97	8,08	4,81	7,19
Московский	4,23	4,44	3,92	1,62	3,18	3,91	2,68	3,77
Ряд убывания								
	ОД	ОД	ОД	ОД	ОД	ЦГ	ОД	ОД
	ЦГ	ЦГ	ЦГ	ЦГ	ЦГ	ОД	ЦГ	ЦГ
	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	К	ПК	ПК
	ДП	ДП	ДП	ДП	ДП	ДП	ДП	ДП
	М	М	М	М	М	М	М	М
Структура экологической опасности выбросов автотранспортными потоками								
%	CO	CxHy	NOx	сажа	SO2	HCHO	Б/а/П	Ряд убывания
Окружная дорога	2,90	3,39	71,53	0,44	5,45	3,51	12,77	NOx БП SO2 HCHO CxHy:CO:Сажа
Центр города	4,10	4,41	71,37	0,41	5,0	5,62	9,07	NOx БП HCHO SO2 CxHy:CO:Сажа
Приокский-Кан.	3,25	3,65	70,13	0,37	5,06	6,55	10,98	NOx БП HCHO SO2 CxHy:CO:Сажа
Дашково-Пес.	3,28	3,84	74,97	0,40	5,05	5,16	7,28	NOx БП HCHO SO2 CxHy:CO:Сажа
Московский	3,78	4,49	74,65	0,18	4,4	4,77	7,739	NOx БП HCHO SO2 CxHy:CO:Сажа
<i>Всего</i>	3,37	3,81	71,73	0,4	5,21	4,59	10,87	NOx БП SO2 HCHO CxHy:CO:Сажа

Обозначения: Окружная дорога – ОД; Центр города– ЦГ ; Приокский –Канцшево – ПК; Дашково-Песочня–ДП; Московский – М.

Таблица 3. Удельные выбросы автотранспортными потоками в городе и его районах в теплое время года

т/км ²	CO	CxHy	NOx	сажа	SO2	HCHO	Б/а/П	Σ
Окружная дорога	514,645959	100,2681	112,7646	1,314132	8,056407	1,037428	0,000377	738,087
Центр города	184,206851	33,01	28,46	0,305	1,871	0,421	7E-05	248,2739
Приокский-Кан.	55,4315556	10,38269	10,6355	0,106422	0,719816	0,186352	3,12E-05	77,46237
Дашково-Пес.	122,462	23,92	24,89	0,252	1,573	0,321	5E-05	173,4181
Московский	93,985366	18,58	16,48	0,074	0,91	0,197	3E-05	130,2264
<i>Всего</i>	970,731731	186,1608	193,2301	2,051554	13,13022	2,16278	0,0005582	1367,468
Структура удельного выброса автотранспортными потоками								
%	CO	CxHy	NOx	сажа	SO2	HCHO	БП	Σ
Окружная дорога	53,01	53,86	58,36	64,05	61,36	47,97	БП	53,97
Центр города	18,98	17,73	14,73	14,87	14,25	19,46	БП	18,15
Приокский-Кан.	5,71	5,58	5,5	5,19	5,48	8,61	БП	5,66

Дашково-Пес.	12,61	12,85	12,88	12,28	11,98	14,84	8,96	12,68
Московский	9,68	9,98	8,53	3,61	6,93	9,11	5,37	9,52
Ряд убывания	ОД ЦГ ДП ПК	ОД ЦГ ДП М ПК	ОД ЦГ ДП М ПК	ОД ЦГ ДП ПК М	ОД ЦГ ДП М ПК	ОД ЦГ ДП М ПК	ОД ЦГ ДП ПК М	ОД ЦГ ДП ПК
Структура удельного выброса автотранспортными потоками								
%	СО	СхНу	NOx	SO2	НСНО	Б/а/П	Ряд убывания	
Окружная дорога	69,73	13,58	15,28	0,18	1,09	0,14	СО; NOx; СхНу; SO2; сажа; НСНО; БП.	
Центр города	74,19	13,29	11,46	0,12	0,75	0,17	СО; СхНу; NOx; SO2; НСНО; сажа; БП.	
Приокский-Кан.	71,56	13,4	13,73	0,14	0,93	0,24	СО; NOx=СхНу; SO2; НСНО; сажа; БП.	
Дашково-Пес.	70,62	13,79	14,35	0,14	0,91	0,18	СО; NOx; СхНу; SO2; НСНО; сажа; БП.	
Московский	72,17	14,27	12,65	0,06	0,7	0,15	СО; NOx; СхНу; SO2; НСНО; сажа; БП.	
Всего	70,99	13,61	14,13	0,15	0,96	0,16	СО; NOx; СхНу; SO2; НСНО; сажа; БП.	

Обозначения: Окружная дорога – ОД; Центр города– ЦГ; Приокский –Канцшево – ПК; Дашково-Несочия–ДП; Московский – М.

Таблица 4. Экологическая опасность, удельных выбросов автотранспортными потоками в теплое время года

Усл. т/км2/год	СО	СхНу	NOx	сажа	SO2	НСНО	Σ	
Окружная дорога	360252,2	421126	8880212	55193,54	676738,2	435719,8	1583400	12412641,74
Центр города	128944,8	138642	2241225	12810	157164	176820	2,94Е+05	3149605,8
Приокский-Кан.	38802,09	43607,3	837545,6	4469,724	60464,54	78267,84	1,31Е+05	1194157,094
Дашково-Пес.	85723,4	100464	1960088	10584	132132	134820	2,10Е+05	2633811,4
Московский	65789,76	78036	1297800	3108	76440	82740	1,26Е+05	1729913,76
Всего	679512,25	781875,3	15216871	86165,26	1102939	908367,6	2344400	21120129,79
Структура экологической опасности удельного выброса автотранспортными потоками								
%	СО	СхНу	NOx	сажа	SO2	НСНО	Валовой вы- брос	
Окружная дорога	53,02	53,86	58,36	64,05	64,36	47,97	67,54	58,77
Центр города	18,97	17,73	14,73	14,87	14,25	19,46	12,54	14,91
Приокский-Кан.	5,71	5,58	5,50	5,19	5,48	8,62	5,59	5,65
Дашково-Пес.	12,61	12,85	12,88	12,28	11,98	14,84	8,96	12,47
Московский	9,68	9,98	8,53	3,61	6,93	9,11	5,37	8,19
Ряд убывания	ОД ЦГ ДП М ПК	ОД ЦГ ДП М ПК	ОД ЦГ ДП М ПК	ОД ЦП ДП ПК М	ОД ЦГ ДП М ПК	ОД ЦГ ДП М ПК	ОД ЦГ ДП М ПК	ОД ЦГ ДП М ПК

Структура экологической опасности удельного выброса автотранспортными потоками(в городе и его районах)										
%	СХНУ			сажа	SO2		НСНО	Б/а/П		теплое время года
	СО	СхНу	NOx		сажа	SO2		НСНО	Б/а/П	
Окружная	2,902300796	3,392719	71,54168	0,444656	5,452008	3,510291	12,7563498	NOx; БП; SO2; НСНО; СхНу; СО;Сажа.		
Город	4,093998049	4,401884	71,15891	0,406718	4,989958	5,614036	9,33450148	NOx; БП; НСНО; SO2; СхНу; СО;Сажа.		
Приокский-Кан.	3,249328769	3,651722	70,13697	0,374299	5,063366	6,554233	10,97008096	NOx; БП; НСНО; SO2; СхНу; СО;Сажа.		
Песочня	3,25472811	3,814396	74,42021	0,401851	5,01676	5,118818	7,973236049	NOx; БП; НСНО; SO2; СхНу; СО;Сажа.		
Московский	3,803065882	4,510976	75,02108	0,179662	4,418717	4,782897	7,28360008	NOx; БП; НСНО; СхНу; SO2; СО;Сажа.		
Всего	3,217367775	3,702038	72,04914	0,407977	5,222217	4,300957	11,10031057	NOx; БП; SO2; НСНО; СхНу; СО;Сажа		

Таблица 5. Выбросы загрязняющих веществ автотранспортными потоками в холодное время года

т/г	СХНУ			Сажа	SO2		НСНО	БП		Валовой выброс
	СО	СхНу	NOx		сажа	SO2		НСНО	БП	
Окружная зима	1915,45	437,7961	513,3161	6,834595	37,66052	4,787274	0,001906	2915,846495		
Город зима	1916,075	379,7277	339,3783	4,050197	22,79094	5,242514	0,00087	2667,265521		
Приокский зима	395,0561	80,59017	84,85333	0,932921	5,849141	1,56746	0,000268	568,84939		
Песочня т зима	334,7404	73,95714	80,1202	0,912871	5,175709	1,081461	0,000158	495,987939		
Московский зима	205,7056	45,50357	41,55919	0,209434	2,376322	0,517161	8,81E-05	295,8713651		
Зима	4767,0271	1017,575	1059,227	12,94002	73,85263	13,19587	0,0032901	6943,82071		
Структура выброса автотранспортными потоками в его районах (по веществам)										
%	СХНУ			сажа	SO2		НСНО	БП		Валовой выброс
СО	СхНу	NOx	сажа		SO2	НСНО		БП		
Окружная дорога	40,1812274	43,023472	48,4613874	52,8174995	50,9941488	36,27858	57,93137	41,9919612		
Город	40,1943383	37,316925	32,0401859	31,2997739	30,8600249	39,72844	26,442965	38,4120736		
Приок.Канитцево	8,28726357	7,9198261	8,01087302	7,20957927	7,9200172	11,87841	8,1456491	8,19216702		
Песочня	7,0219949	7,2679793	7,56402546	7,05463361	7,008158	8,195450	4,8022856	7,14286788		
Московский	4,3151758	4,4717657	3,92353952	1,61849827	3,21765386	3,919112	2,6777301	4,26093036		
холодное время года										
Окружная	Город	Окружная	Город	Окружная	Город	Окружная	Город	Окружная	Город	Окружная
Приокский	Город	Приокский	Город	Приокский	Город	Приокский	Город	Приокский	Город	Приокский
Песочня	Песочня	Песочня	Песочня	Песочня	Песочня	Песочня	Песочня	Песочня	Песочня	Песочня
Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский

Структура выброса автотранспортными потоками в городе и его районах (по городу и районам)													
%	СО		СxHy	NOx	сажа	SO2	НСНО	БП	холодное время года				
	СО	СxHy							СО	NOx	сажа	SO2	НСНО
<i>Окружная дорога</i>	65,69	104386	15,01	437	17,60	436	1,29	1581	0,16	4181	6,53	677Е-05	СО; NOx; СxHy; SO2; НСНО; Сажа; БП
<i>Город</i>	71,83	668011	14,23	659	12,72	383	0,15	1848	0,82	4468	0,19	655Е-05	СО; СxHy; NOx; SO2; НСНО; Сажа; БП
<i>Приок.-Каншицево</i>	69,44	827699	14,16	722	14,91	1666	0,16	4001	1,02	28241	0,27	755А-05	СО; NOx; СxHy; SO2; НСНО; Сажа; БП
<i>Песочья</i>	67,48	8962498	14,91	1108	16,15	366	0,18	4051	1,04	3515	0,21	1804Е-05	СО; NOx; СxHy; SO2; НСНО; Сажа; БП
<i>Московский</i>	69,52	534928	15,37	951	14,04	637	0,07	0785	0,80	3161	0,17	74793	СО; СxHy; NOx; SO2; НСНО; Сажа; БП
<i>Всего</i>	68,65	1356	14,65	441	15,25	424	0,18	6353	1,06	3573	0,19	00038	СО; NOx; СxHy; SO2; НСНО Сажа; БП

Таблица 6. Экологическая опасность выбросов автотранспортных потоков в холодное время года

Усл.т/год	Структура экологической опасности выбросов автотранспортными потоками в холодное время года									
	СО	СxHy	NOx	сажа	SO2	НСНО	БП	СО	НСНО	БП
<i>Окружная зима</i>	1340815	1838743,62	40423642,88	287053	3163483,68	2010655	8005200	57069593,18		
<i>Город зима ул.т/г</i>	1341252,5	1594856,34	26726041,13	170108,3	1914438,96	2201856	3654000	37602553,23		
<i>Приокский зима ул.т</i>	276539,3	338478,7	6682200	39182,68	491327,8	658333,2	1125600	9611661,68		
<i>Песочья зима ул.т/г</i>	234318,3	310620	6309466	38340,58	434759,6	454213,6	663600	8445518,08		
<i>Московский зима ул.т/г</i>	143993,92	191114,994	3272786,213	8796,228	199611,048	217207,6	370020	4403530,003		
	3336919,02	4273814	83414136	543480,8	6203621	5542265	13818420	117132656,2		
Структура экологической опасности выбросов автотранспортными потоками в холодное время года										
%	СО		СxHy	NOx	сажа	SO2	НСНО	БП	холодное время года	
	СО	СxHy							СО	NOx
<i>Окружная дорога</i>	40,18	4,30E+01	48,46	52,82	50,99	3,63E+01	57,93	48,7221882		
<i>Город</i>	40,19	3,73E+01	32,04	31,3	30,86	3,97E+01	26,44	32,1025361		
<i>Приок.-Каншицево</i>	8,29	7,92E+00	8,01	7,21	7,92	1,19E+01	8,14	8,20579161		
<i>Песочья</i>	7,02	7,27E+00	7,56	7,05	7,01	8,20E+00	4,80	7,21004573		
<i>Московский</i>	4,31	4,47E+00	3,92	1,62	3,22	3,92E+00	2,68	3,75943835		
холодное время года										
	Город	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Город	Окружная	Город	Окружная	Окружная
	Окружная	Город	Город	Город	Город	Окружная	Город	Окружная	Город	Город
	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский
	Песочья	Песочья	Песочья	Песочья	Песочья	Песочья	Песочья	Песочья	Песочья	Песочья
	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский
Структура экологической опасности выбросов автотранспортными потоками в холодное время года										
%	СО		СxHy	NOx	сажа	SO2	НСНО	Б/а/ЛП	холодное время года	
	СО	СxHy							СО	NOx
<i>Окружная дорога</i>	2,35	3,22	70,83	0,50	5,54	3,52	14,03	NOx; БП; SO2; НСНО; СxHy; СО, сажа		
<i>Город</i>	3,57	4,24	71,07	0,452	5,09	5,85	9,72E+00	NOx; БП; НСНО; SO2; СxHy; СО, сажа		
<i>Приок.-Каншицево</i>	2,88	3,52	69,52	0,41	5,11	6,85	1,17E+01	NOx; БП; НСНО; SO2; СxHy; СО, сажа		

Лесовая	2,77	3,68	74,71	0,45	5,15	5,38	7,86E+00	NOx; БП; HCHO; SO2; CxHy; CO; сажа
Московский	3,27	4,34	74,32	0,2	4,53	4,93	8,40E+00	NOx; БП; HCHO; SO2; CxHy; CO; сажа
	2,849	3,6487	71,2134	0,464	5,2962	4,73161	11,797239	NOx; БП; SO2; HCHO; CxHy; CO; сажа

Таблица 7. Удельные выбросы загрязняющих веществ автотранспортными потоками в холодное время года

т/км2	CO	CxHy	NOx	сажа	SO2	HCHO	БП
Окружная зима т/км ²	255,053262	58,29509	68,35101	0,910066	5,014716	0,637453	0,000254
город зима т/км ²	100,213128	19,86	17,75	0,212	1,192	0,274	5E-05
Приокский зима т/км ²	31,35536873	6,396045	6,734391	0,074041	0,464218	0,124402	2,13E-05
Песочня зима т/км ²	64,3731538	14,22	15,41	0,176	0,995	0,208	3E-05
Москов. зима т/км ²	50,17209756	11,1	10,14	0,051	0,58	0,126	2E-05
Всего зима т/км2	501,1653001	109,8711	118,3854	1,423107	8,245934	1,369855	0,0003753

Структура удельного выброса отдельных загрязнителей автотранспортными потоками в холодное время года (по веществам)

%	CO	CxHy	NOx	сажа	SO2	HCHO	БП%
Окружная	50,89	53,06	57,74	63,95	60,81	46,53	67,73
Город	19,99	18,07	14,99	14,9	14,45	20,00	13,33
Приокский-Кашицево	6,25	5,82	5,67	5,20	5,63	9,08	5,61
Песочня	12,84	12,94	13,02	12,37	12,07	15,18	8,0
Московский	10,01	10,10	8,56	3,58	7,03	9,25	3,33
холодное время года	Окружная Город Песочня Московский Приокский	Окружная Город Песочня Московский Приокский	Окружная Город Песочня Московский Приокский	Окружная Город Песочня Приокский Московский	Окружная Город Песочня Московский Приокский	Окружная Город Песочня Приокский Московский	Окружная Город Песочня Московский Приокский

Структура удельного выброса автотранспортными потоками в холодное время года (по городу и районам)

%	CO	CxHy	NOx	сажа	SO2	HCHO	БП
Окружная	65,69	15,01	17,60	0,23	1,29	0,16	6,54E-05
Город	71,84	14,24	12,72	0,15	0,85	0,2	3,58E-05
Приокский-Кашицево	69,45	14,17	14,92	0,16	1,03	0,27	4,72E-05
Песочня	67,49	14,91	16,16	0,18	1,04	0,22	3,15E-05
Московский	69,52	15,38	14,05	0,07	0,80	0,17	2,77E-05
ВДЕ_ЛОУМ зима	67,68	14,84	15,99	0,19	1,11	0,185	5,07E-05
							CO; NOx; CxHy; SO2; Сажа; HCHO; БП.
							CO; CxHy; NOx; SO2; HCHO; Сажа; Б.
							CO; NOx; CxHy; SO2; HCHO; Сажа; БП.
							CO; NOx; CxHy; SO2; HCHO; Сажа; БП.
							CO; NOx; CxHy; SO2; HCHO; Сажа; БП.

Таблица 8. Экологическая опасность удельных выбросов загрязняющих веществ автотранспортом в холодное время года

Усл. т/км2	CO		СхНу		NOx		сажа		SO2		НCHO		БИ		
	Окружная	Город	Окружная	Город	Окружная	Город	Окружная	Город	Окружная	Город	Окружная	Город	Окружная	Город	
Окружная удельный город зима т /км ² .	178537,283	244839,38	5382642	38222,77	421236,1	1066800	7600007,793	70149,1896	83412	1397813	8904	100128	1150880	2,10E+05	1985486,19
Приокский т/км ²	21947,5611	26863,389	520333,3	3109,722	38994,31	8,95E+04	762997,1221	45061,2077	59724	1213538	7392	83580	87360	1,26E+05	1622655,208
Московский т/км ²	35120,4683	46620	798525	2142	48720	8,40E+04	1068047,468	350815,7097	461458,8	9322851,0	59770,49	692658,4	575339,1	1576300,0	13039193,78
холодное время года	350815,7097	461458,8	9322851,0	59770,49	692658,4	575339,1	1576300,0	Структура экологической опасности удельного выброса отдельных загрязнителей автотранспортными потоками (по веществам)							
%	CO	СхНу	NOx	сажа	SO2	НCHO	БИ								
Окружная	50,89	53,06	57,74	63,95	60,81	46,53	67,68								
Город	19,99	18,07	14,99	14,9	14,45	20,00	13,32								
Приокск.-Кан.	6,26	5,82	5,69	5,20	5,63	9,08	5,67								
Песочия	12,84	12,94	13,02	12,37	12,07	15,18	7,99								
Московский	10,01	10,10	8,56	3,58	7,03	9,2	5,33								
холодное время года	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная	Окружная
	Город	Город	Город	Город	Город	Город	Город	Город	Город	Город	Город	Город	Город	Город	Город
	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия	Песочия
	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский	Московский
	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский	Приокский
Структура экологической опасности удельного выброса автотранспортными потоками в холодное время года															
%	CO	СхНу	NOx	сажа	SO2	НCHO	БИ	холодное время года							
Окружная	2,35	3,22	70,82	0,50	5,54	3,52	14,04	NOx; БИ; SO2; НCHO; СхНу;СО,сажа.							
Город	3,53	4,20	70,40	0,45	5,04	5,79	1,06E+01	NOx; БИ; НCHO; SO2; СхНу;СО,сажа.							
Приокск.-Кан.	3,52	3,52	69,50	0,41	5,11	6,85	1,17E+01	NOx; БИ; НCHO; SO2; СхНу;СО,сажа.							
Песочия	2,78	3,68	74,79	0,45	5,15	5,38	7,77E+00	NOx; БИ; НCHO; SO2; СхНу;СО,сажа.							
Московский	3,29	4,36	74,76	0,2	4,56	4,95	7,86E+00	NOx; БИ; НCHO; SO2; СхНу;СО,сажа.							
Всего	2,69	3,54	71,5	0,46	5,31	4,41	12,09	NOx; БИ; SO2; НCHO; СхНу;СО,сажа.							

Таблица 9. Соотношение выбросов загрязняющих веществ автотранспортными потоками в теплое и холодное время года

	CO т/г		СхНу т/г		NOx т/г		Сажа т/г		SO2 т/г		НCHO т/г		БИ т/г		Валовой выброс	
	Окружная	Город	Окружная	Город												
Всего лето/зима	1,91	1,69	1,62	1,44	1,59	1,57	1,49	1,83								
Окружная л/з	2,02	1,72	1,65	1,44	1,61	1,63	1,49	1,90								
Город лето/зима	1,82	1,66	1,60	1,44	1,57	1,53	1,49	1,78								
Приокский л/з	1,77	1,62	1,58	1,44	1,55	1,5	1,47	1,71								
Песочия лето/зима	1,90	1,68	1,61	1,44	1,58	1,54	1,49	1,82								
Московский л/з	1,87	1,67	1,62	1,44	1,57	1,56	1,49	1,80								

<i>Ср</i>	1,881667	1,673333	1,613333	1,44	1,578333	1,555	1,486667	1,806667
<i>Ср-ДН</i>	1,861003	1,665308	1,607693	1,44	1,573409	1,544347	1,484697	1,791588
<i>Ср+дн</i>	1,902331	1,681359	1,618974	1,44	1,583258	1,565653	1,488636	1,821746

Таблица 10. Соотношение удельных выбросов загрязняющих веществ автотранспортных потоков в теплое и холодное время года

т/км2	СО	СxHy	NOx	сажа	SO2	НСНО	БП	Валовой уд.выброс
Всего л/з т/км2	1,94	1,69	1,63	1,44	1,59	1,58	1,49	1,85
<i>Окружная л/з т/км2</i>	2,02	1,72	1,65	1,44	1,61	1,63	1,48	1,90
Центр города л/з /км2	1,82	1,66	1,60	1,44	1,57	1,54	1,4	1,78
Приокский л/з т/км2	1,77	1,62	1,56	1,44	1,55	1,5	1,46	1,71
Песочня лето/зима	1,90	1,68	1,61	1,43	1,58	1,54	1,67	1,82
Москов. Лето/зима т/ км2	1,87	1,67	1,62	1,45	1,57	1,56	1,5	1,80
<i>Ср</i>	1,886667	1,673333	1,611667	1,44	1,578333	1,583333	1,5	1,81
<i>Ср-ДН</i>	1,865324	1,665308	1,604283	1,438474	1,573409	1,547717	1,478154	1,79444
<i>Ср+дн</i>	1,90801	1,681359	1,61905	1,441526	1,583258	1,56895	1,521846	1,82556

Таблица 11. Соотношение экологической опасности выбросов автотранспортных потоков в теплый и холодный период года

Усл.т/год	СО	СxHy	NOx	сажа	SO2	НСНО	БП	Σ
Всего лето/зима	1,91	1,68	1,62	1,44	1,59	1,56	1,49	1,6
<i>Окружная лето/зима</i>	2,02	1,72	1,65	1,44	1,61	1,63	1,49	1,63
Город лето/зима	1,84	1,66	1,60	1,44	1,57	1,53	1,49	1,6
Приокский лето/зима	1,77	1,62	1,58	1,44	1,55	1,5	1,47	1,56
Песочня лето/зима	1,90	1,67	1,61	1,44	1,58	1,54	1,49	1,61
Московский лето/зима	1,87	1,67	1,62	1,44	1,57	1,56	1,49	1,62
<i>Ср</i>	1,885	1,671667	1,613333	1,44	1,578333	1,553333	1,486667	1,6
<i>Ср-ДН</i>	1,864946	1,663825	1,607693	1,44	1,573409	1,542799	1,484697	1,597
<i>Ср+дн</i>	1,905054	1,679509	1,618974	1,44	1,583258	1,563868	1,488636	1,609

Таблица 12. Соотношение экологической опасности удельных выбросов загрязняющих веществ автотранспортом в теплое и холодное время года

Усл. т/км2	СО	СxHy	NOx	сажа	SO2	НСНО	БП	Валовой выброс
Всего лето/зима	1,94	1,69	1,63	1,44	1,59	1,58	1,49	1,62
<i>Окружная лето/зима</i>	2,02	1,72	1,65	1,44	1,61	1,63	1,48	1,63
Город лето/зима	1,84	1,66	1,60	1,44	1,57	1,54	1,4	1,59
Приокск.-Кан.лето/зима	1,77	1,62	1,56	1,44	1,55	1,5	1,46	1,56
Песочня лето/зима	1,90	1,68	1,61	1,43	1,58	1,54	1,67	1,62
Московский лето/зима	1,87	1,67	1,62	1,45	1,57	1,56	1,5	1,62
<i>Ср</i>	1,89	1,673333	1,611666	1,44	1,578333	1,558333	1,5	1,606667
<i>Ср-ДН</i>	1,869303	1,665308	1,60428	1,43847	1,57341	1,54772	1,478154	1,600254
<i>Ср+дн</i>	1,910697	1,681359	1,61905	1,44153	1,58326	1,56895	1,521846	1,61308

Литература

1. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
2. Гохман В. А., Визгалов В. М., Поляков М. П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог : учеб. пособие для авт.-дор. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк, 1989. – 319 с.
3. Пугачёв И. Н., Горев А. Э., Олещенко Е. М. Организация и безопасность дорожного движения : учеб. пособие для студ. вузов. – М.: Академия, 2009. – 272 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Российской Федерации в 2015 году. – М., 2016. – 639 с.
5. Цурган А. М., Дементьев А. А. Экологическая опасность выброса автотранспортом загрязняющих веществ в 1991 и 2009 годах на перегонах улично-дорожной сети г. Рязани // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. / под ред. Н. В. Бышова. – Рязань, 2013. – С. 403–408.
6. Цурган А. М., Дементьев А. А. Опасность техногенного воздействия на атмосферный воздух промышленного узла крупного административного центра ЦФО (на примере южного промышленного узла г. Рязани) // Там же. – Рязань, 2011. – С. 423–427.
7. Цурган А. М., Дементьев А. А. Экологическая опасность техногенного воздействия автотранспортных потоков в районе ул. Каширина до и после введения в строй развязки № 1 «Северного обвода» // Там же. – Вып. 11. Рязань, 2014. – С. 221–224.
8. Цурган А. М., Дементьев А. А. Динамика экологической опасности техногенного воздействия потоков автомобилей в районе транспортной развязки № 2 «Круиз» Северного обвода // Там же. С. 224–227.
9. ГОСТ Р 56162-2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов : утв. приказом Федер. агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 октября 2014 г. № 1320-ст.
10. Методические и нормативно-аналитические основы экологического аудирования в Российской Федерации. – М., 1998.

УДК 631.61

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ

А. В. Ильинский, Г. В. Побединская,

*Мецкерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация*

При строительстве магистральных нефтепродуктопроводов (МНПП) особое место занимают масштаб и степень загрязнения почвы нефтепродуктами. Исследование содержания нефтепродуктов в почве земель сельскохозяйственного назначения при строительстве магистрального нефтепродуктопровода «Кстово – Ярославль – Кириши – Приморск» на территории Тверской области проведено в составе комплексных мониторинговых исследований.

Результаты натурных исследований позволяют объективно выполнить анализ состояния компонентов окружающей среды, подготовить их сравнительную характеристику (до и после строительства) в зоне влияния МНПП и являются фундаментом при подготовке прогнозных возможных негативных последствий и предложений по устранению выявленных нарушений, а также служат одним из критериев оценки эффективности работы системы комплексного экологического контроля [1, 3, 7]. При этом основная цель мониторинга почвенного покрова заключается в наблюдении и контроле за состоянием почв для своевременного выявления изменений и оценки негативного антропогенного воздействия [2, 4, 5, 6].

Мониторинговые исследования состояния почвенного покрова проведены в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03, ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.1.02-83, ГОСТ 17.4.3.03-85, ГОСТ 17.4.4.02-84, МУ 2.1.7.730-99, ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06 и др. Отбор смешанных образцов осуществлен методом маршрутных ходов. Частота отбора смешанных образцов устанавливалась в зависимости от пестроты почвенного покрова. С каждого элементар-

ного участка методом конверта отбирался смешанный образец на глубину пахотного слоя и направлялся для проведения химико-аналитических исследований в аккредитованную лабораторию.

Таблица 1. Содержание нефтепродуктов в почве на участках трассы, расположенных на территории Ярославской области, до и после строительства МНПП

№ пробы	Место взятия образца	Км по трассе	Содержание нефтепродуктов в почве, мг/кг		
			до начала строительства МНПП	после строительства МНПП	
43	р. Туношонка, правый берег	180,0	70	69	
44	р. Туношонка, левый берег	181,0	56	56	
45		181,1	74	73	
46	СПК «Новая жизнь»	182,0	58	58	
47		183,0	<50	<50	
48		184,0	62	62	
49		205,0	<50	<50	
50	Заброшенные земли сельскохозяйственного назначения, СПК «Дружба»	202,0	<50	<50	
51		203,5	<50	<50	
52		205,5	<50	<50	
53		207,5	<50	52	
54	р. Великая, правый берег	209,0	69	66	
55	р. Великая, левый берег	209,5	62	64	
56	ППС «Ярославль»		171	174	
57			119	120	
58			69	65	
60			<50	<50	
61			62	60	
62			<50	<50	
64			69	71	
65			72	72	
66		Пойменные земли реки Которосль	229,0	78	78
67			229,0	<50	<50
68	229,0		<50	<50	
69	229,2		<50	<50	
70	229,2		<50	<50	
71	229,3		<50	53,6	
72	229,3		<50	<50	
73	229,4		69	<50	
74	229,5		<50	<50	
75	229,5		<50	<50	
76	229,5	<50	<50		
77	Государственный заказник «Козьмодемьянский» ООПТ	239,0	77	78	
78		239,0	<50	<50	
79	СПК «Курба»	240,0	<50	<50	
80		241,0	<50	<50	
81		243,0	52	52	
82	СПК «Курба»	244,0	<50	<50	
83		245,0	52	52	
84	СПК «Искра»	248,0	<50	<50	
85		250,0	<50	<50	
86	ПСХК «Искра»	252,0	<50	<50	
87		253,0	<50	<50	
88		254,0	<50	<50	

№ пробы	Место взятия образца	Км по трассе	Содержание нефтепродуктов в почве, мг/кг	
			до начала строительства МНПП	после строительства МНПП
89	Болото Карачуново	262,0	239	241
90		262,3	255	250
91	р. Улейма, правый берег	298,0	69	69
92	р. Улейма, левый берег	299,0	69	68
93	Государственный заказник «Верхневолжский»	305,0	62	64
94	Государственный заказник «Верхневолжский»	305,5	<50	<50
95	Пойма р. Волга	310,0	69	68
96		181,2	69	66
97		182,2	62	<50
98		183,0	62	62
99	ППС «Некоуз»		<50	<50
100			<50	<50
101			82	85
102			61	62
103			72	70
104	Земли сельскохозяйственного назначения, д. Куракино	338,0	62	64
105	р. Сить, правый берег	355,0	<50	<50
106	р. Сить, левый берег	355,5	69	68
107	Государственный Заказник «Парфеньевский»	371,5	<50	<50
108	Государственный Заказник «Парфеньевский»	371,7	<50	<50

По результатам мониторинговых исследований на участках завершённых строительных работ трассы МНПП, расположенных на территории Ярославской области, выявлено, что как на начало строительства трассы МНПП, так и после его завершения общее содержание нефтепродуктов в почве низкое – в большинстве проб менее 50 мг/кг (табл. 1). Максимальное содержание нефтепродуктов наблюдалось в почвенной пробе, отобранной на территории болота Карачуново, и составило 255,0 мг/кг, но этот показатель существенно ниже допустимого значения (1000 мг/кг).

Таким образом, загрязнения почв нефтепродуктами на участках завершённых строительных работ трассы МНПП, расположенных на территориях Ярославской области, не выявлено. Содержание нефтепродуктов во всех почвенных пробах до начала и после строительства МНПП очень низкое и находится в пределах от <50 до 255 мг/кг. Полученные результаты исследований позволили установить параметры фоновых значений по нефтепродуктам для конкретных участков прохождения трубопровода, что впоследствии внесет весомый вклад в обеспечение экологической безопасности при эксплуатации данной трубопроводной системы посредством реализации программы производственного экологического контроля над состоянием почв сельскохозяйственных земель и оценки негативных последствий от техногенного воздействия.

Литература

1. Ильинский А. В., Виноградов Д. В., Гогмачадзе Г. Д. К вопросу повышения эффективности проведения работ по реабилитации техногенно загрязнённых земель с помощью внедрения современной системы комплексного контроля // АгроЭкоИнфо. – 2016. – № 3. – URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/3/st_320.doc.

2. Ильинский А. В., Побединская Г. В. Оценка эффективности применения агромелиоративных мероприятий для реабилитации техногенно загрязнённых почв аппликационным методом //

Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных ресурсосберегающих технологий в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Рязань, 16–17 февр. 2017 г.) / под ред. Д. В. Виноградова. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2017. – Ч. 2. – С. 80–84.

3. Ильинский А. В. Структура системы комплексного контроля за проведением мелиоративных мероприятий по реабилитации техногенно загрязненных земель // Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2014. – С. 156–159.

4. Ильинский А. В., Побединская Г. В., Игнатенок В. А. Экологические аспекты мониторинга мелиорируемых земель в условиях техногенеза на примере объекта «Тинки-2» Рязанской области // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения : материалы Междунар. науч. конф. – М.: Изд-во ВНИИА, 2016. – Т. II. – С. 144–148.

5. Мониторинг тяжелых металлов в поверхностных и грунтовых водах ландшафта Окского бассейна / Ю. А. Мажайский [и др.] // Интеграл. – 2008. – № 6(44). – С. 19.

6. Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Лозановская И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении : учеб. пособие для химических, химико-технологических и биологических спец. вузов. – М.: Высш. школа, 2002. – 234 с.

7. Практика рекультивации загрязненных земель / под ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2012. – 604 с.

УДК 631.61

К ВОПРОСУ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

А. В. Ильинский,

*Мецкерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация*

Строительство и эксплуатация линейных сооружений и объектов (магистральных газо-, нефте-, нефтепродуктопроводов) при несоблюдении или недобросовестном исполнении проектных решений обуславливает появление деградированных и техногенно нарушенных земель, утративших хозяйственную ценность, что оказывает отрицательное воздействие на состояние окружающей среды и популяцию человека, требующее привлечения значительных материальных ресурсов для восстановления экологической ситуации [1, 2, 6, 7, 9]. Так, при сооружении магистрального трубопровода на каждые 100 км трассы разрушается в среднем 500 га земельных угодий (рис. 1).



Рис. 1. Нарушение почвенного покрова при прокладке магистрального трубопровода

Природоохранными мероприятиями при реализации подобных проектов являются исключение или минимизация негативных воздействий от строительства и последующей эксплуатации линейных сооружений и объектов на окружающую среду, восстановление плодородия почв в условиях усиления антропогенной нагрузки и рекультивации деградированных земель на основе применения современных технологий комплексных мелиоративных мероприятий [3, 4, 5, 8]. Мониторинговые исследования почвенного покрова на участках строительных работ показали, что основными нарушениями во время строительства магистрального нефтепродуктопровода, ведущими к деструкции устойчивости функционирования природных экосистем, нарушению почвенного покрова, являются: некачественно выполненный этап технической рекультивации почв; захлапленность земель строительным мусором и порубочными остатками. В связи с этим приобретает актуальность разработка современной системы комплексного контроля за выполнением проектных решений при производстве работ по строительству линейной части и объектов магистральных трубопроводов предприятий нефтегазового комплекса.

При осуществлении реабилитационных мероприятий также необходимо обеспечить надлежащее исполнение мелиоративных работ (качество и объемы работ), предотвращение нарушений персоналом подрядчика требований действующего законодательства Российской Федерации, регламентов заказчика, нормативно-технических документов, проектной документации и условий договоров, заключенных заказчиком с подрядчиками, исключить возможность нецелевого использования финансовых средств и иных материальных ресурсов, выделяемых на выполнение проекта, а также способствовать повышению эффективности указанных работ. Перечисленные задачи логично решать на этапах организации и реализации проектов в составе системы контроля за выполнением реабилитационных мероприятий. Система контроля за проведением природовосстановительных работ должна в себя включать: технологический и химико-аналитический контроль.

Технологический контроль – это визуальный, а при необходимости и инструментальный контроль процесса и результатов выполняемых подрядчиком реабилитационных работ непосредственно на месте их осуществления с последующей камеральной обработкой собранной на объекте информации. Цель технологического контроля заключается в повышении качества работ по реабилитации нарушенных территорий путем выявления и устранения нарушений, т. е. любых фактов ненадлежащего выполнения работ подрядчиком, которые выражаются в отклонении наблюдаемой фактической ситуации от установленных проектом требований и нормативов.

Химико-аналитический контроль является элементом натурного обследования объекта работ, включающим отбор почвенных образцов (и, при необходимости, отбор других компонентов природной среды), количественный химический анализ проб либо иные лабораторные испытания проб почв в аккредитованной лаборатории по показателям, установленным программой проведения наблюдений в составе проектных решений, а также обработку полученных данных и подготовку соответствующего экспертного заключения об эффективности (достаточности) выполняемых по проекту видов и объемов реабилитационных работ. Отбор проб почвы выполняют в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84 и Методическими указаниями по проведению комплексного агрохимического обследования сельскохозяйственных угодий (1994). Отбор проб осуществляют с учетом рельефа и степени загрязненности почвенного покрова с таким расчетом, чтобы в каждом случае была представлена часть почвы, типичная для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы. Пробы отбирают на исходных участках по координатной сетке, не менее 1 объединенной пробы с площади 0,5–1,0 га (ГОСТ 17.4.3.01-83, РД 39-00147105-006-97). Например, при натурном обследовании результатов очистки почв от нефтепродуктов комбинированными препаратами с использованием бактерий точечные пробы отбирают по глубине 0–5 и 5–20 см массой не более 200 г каждая (ГОСТ 17.4.4.02-84). После перемешивания и квартования их упаковывают в стеклянные банки с притертыми пробками и направляют в лабораторию для определения остаточного содержания нефтепродуктов в соответствии с ПНДФ 16.1:2.2.22-98. Условия проведения химико-аналитического контроля, как, впрочем, и тех-

нологического контроля, на наш взгляд, должны определяться уже на стадии разработки проектной документации и плана производства работ в виде программы проведения наблюдений, в которой должны быть четко и подробно представлены контролируемые компоненты природной среды, показатели, точки отбора, периодичность наблюдений и критерии для оценки результатов химико-аналитических исследований.

Рекомендуемая система комплексного контроля за реализацией проектных решений при мелиорации почв, подверженных техногенному воздействию, позволяет с использованием широкого ряда критериев (рис. 2) объективно оценивать соблюдение требуемого качества, видов и объемов мелиоративных работ по рекультивации деградированных земель и ликвидации загрязненности земель поллютантами, а также последствий негативного техногенного воздействия, вовремя выявить, а порой и предотвратить нарушения персоналом подрядчика требований действующего законодательства Российской Федерации, регламентов заказчика, нормативно-технических документов, проектной документации и условий договоров, заключенных заказчиком с подрядчиком, а также повысить эффективность природо-восстановительных работ.

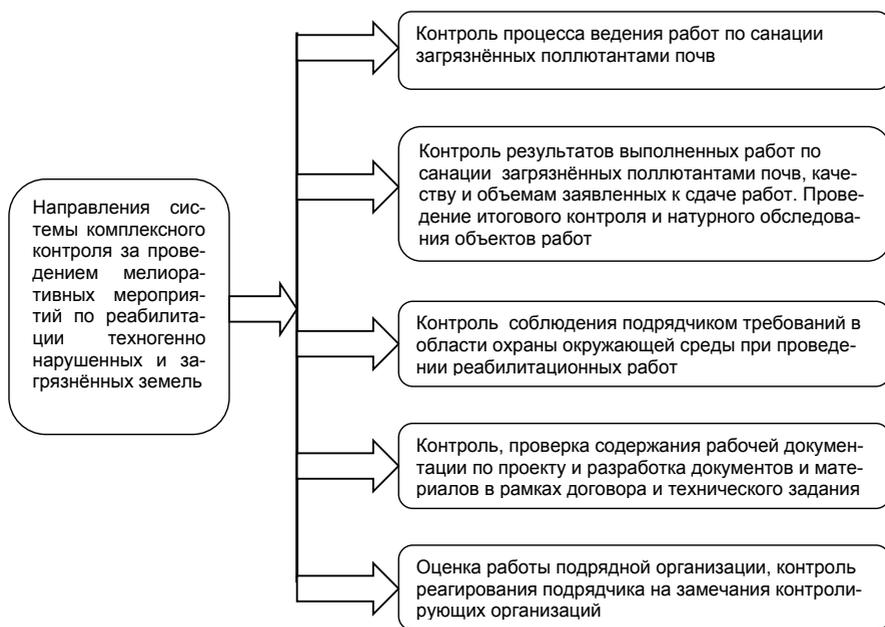


Рис. 2. Структура направлений системы комплексного контроля за выполнением работ по реабилитации земель сельскохозяйственного назначения при строительстве магистральных трубопроводов

Основным действенным рычагом такого подхода является экономическая мотивация, заключающаяся в комплексе штрафных санкций, применяемых к подрядчику, в случае обнаружения во время технологического контроля за выполнением реабилитационных мероприятий нарушений и необоснованных отклонений от проектных решений в работе подрядчика, а также перспектива внесения конкретного подрядчика в «черный список неблагонадежных компаний» заказчика на основе анализа оперативных данных, получаемых благодаря механизму обратных связей при использовании представленной структуры системы комплексного контроля за процессом проведения природовосстановительных мероприятий. В связи с этим в настоящее время при организации и осуществлении мелиоративных мероприятий по

рекультивации деградированных и реабилитации техногенно загрязненных земель, на наш взгляд, назрела необходимость в разработке и внедрении современных рекомендаций по использованию системы комплексного контроля за процессом и качеством выполнения подобных работ.

Литература

1. Ильинский А. В. Возможности управления процессом санации техногенно загрязнённых земель с помощью современной системы комплексного контроля // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения : материалы Междунар. науч. конф. – М.: Изд-во ВНИИА, 2016. – Т. I. – С. 241–245.
2. Ильинский А. В., Виноградов Д. В., Гогмачадзе Г. Д. К вопросу повышения эффективности проведения работ по реабилитации техногенно загрязненных земель с помощью внедрения современной системы комплексного контроля // АгроЭкоИнфо. – 2016. – № 3. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/3/st_320.doc
3. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапропеля Кирейчева Л.В. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапропеля для повышения плодородия деградированных почв / Л. В. Кирейчева [и др.] // Вестник РГАТУ им. П. А. Костычева. – 2016. – № 3 (31). – С. 12–17.
4. Методические рекомендации по мероприятиям для предотвращения и ликвидации загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами. – М., 2005. – 71 с.
5. Нейтрализация загрязненных почв : монография / под ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань: Мещер. ф-л ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2008. – 528 с.
6. Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Лозановская И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении : учеб. пособие для химических, химико-технологических и биологических спец. вузов. – М.: Высш. школа, 2002. – 234 с.
7. Практика рекультивации загрязненных земель / под ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2012. – 604 с.
8. Рекомендации по проведению эколого-мелиоративных мероприятий рекультивации техногенно загрязненных и деградированных культурных ландшафтов. – Рязань, 2002. – 142 с.
9. Титова В. И., Добахова Е. В., Добахов М. В. Рекомендации по расчету ущерба от нарушения земель сельскохозяйственного назначения при прокладке и ремонте линейных сооружений : учеб.-метод. пособие. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2007. – 65 с.

УДК 615.28+615.31

АНАЛИЗ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРОБИОТЫ ПОЧВЫ

И. В. Канина,

*Рязанский государственный медицинский университет
им. академика И. П. Павлова, Российская Федерация*

Под почвой понимается поверхностный слой суши Земного шара, который образуется в результате изменения горных пород при воздействии биоты, климата и других факторов почвообразования. Важнейшее свойство почвы, плодородие, определяет ее очевидную значимость как основного средства сельскохозяйственного производства. Кроме того, этот относительно маломощный слой суши участвует во всех важнейших процессах функционирования наземных экосистем и биосферы в целом (от обеспечения ресурсами и пространством всей наземной растительности до поддержания параметров атмосферы и гидросферы, включая проблемы «парниковых» газов, чистых поверхностных и грунтовых вод, устранения ксенобиотиков). Во всех этих процессах ключевую роль играют микроорганизмы, которые обитают в почве и выполняют многообразные экосистемные функции.

Именно почвенные организмы отвечают за разложение органического вещества, образовавшегося в наземной экосистеме при фотосинтезе, и снабжают растения доступными ресурсами. Они также играют существенную роль в формировании стабильных почвенных агрегатов. Жизнедеятельность почвенной биоты определяет уровень плодородия почв, а воз-

возможность управления биотой на основе контроля почвенной влаги представляет интерес с точки зрения дискуссионной проблемы устойчивого развития. Почвенная биота – идеальный пример системы, обеспечивающей устойчивое существование ненарушенных экосистем в течение очень больших промежутков времени.

Жизнедеятельность микроорганизмов в почве осуществляется в основном на почвенных частицах, в определенных микрозонах которых представлены клетки, ресурсы и микробные метаболиты. Поверхность почвенных частиц как жизненное пространство микроорганизмов может составлять несколько десятков квадратных метров в 1 г почвы. В работах Д. Г. Звягинцева и других почвенных микробиологов по особенностям жизнедеятельности адсорбированных микробных клеток в почвах обсуждались вопросы, которые в биотехнологии получили развитие в рамках направления по иммобилизованным клеткам и ферментам [1].

Масса биоты, включая бактерии, грибы, водоросли, по данным прямых методов микроскопии, может достигать нескольких тонн на гектар почв. В первом приближении по биомассе в поверхностных почвенных образцах (особенно в таежно-лесной зоне) доминируют грибы. Биомасса бактерий сопоставима по порядку величин с биомассой грибов, а остальные компоненты, включая представителей почвенной фауны, составляют второй план. Вместе с тем сами по себе показатели биомассы, к тому же рассчитанные на основе тотальных количественных учетов (без дифференциации «активной» и «неактивной и мертвой» биомассы), не дают представления о функциональной роли отдельных представителей почвенной биоты. Биологический круговорот в почве осуществляется с участием разных групп микроорганизмов. В зависимости от типа почвы содержание микроорганизмов колеблется. Исключительно велико значение микроорганизмов в накоплении биологически активных веществ в почве, таких как ауксины, гиббереллины, витамины, аминокислоты, стимулирующие рост и развитие растений. Микроорганизмы образуют слизи полисахаридной природы, а также большое количество нитей грибов, принимают активное участие в формировании структуры почвы, склеивании пылеватых почвенных частиц в агрегаты, чем улучшают водно-воздушный режим почвы.

Биологическая активность почвы, численность и активность почвенных микроорганизмов тесно связаны с содержанием и составом органического вещества. Велика санитарно-гигиеническая роль микроорганизмов и в трансформации и обезвреживании соединений тяжелых металлов.

Тяжелые металлы – это группа химических элементов с относительной атомной массой более 40. Появление в литературе термина «тяжелые металлы» было связано с проявлением токсичности некоторых металлов и опасности их для живых организмов [2, 3]. Однако в группу «тяжелых» вошли и некоторые микроэлементы, жизненная необходимость и широкий спектр биологического действия которых неопровержимо доказаны. Тяжелые металлы в окружающей среде играют двойную роль: помимо положительного влияния на физиологические процессы, могут быть токсичными при повышенных концентрациях и вызывать нарушения метаболизма живых организмов на любой стадии онтогенеза. Нередко эти изменения являются необратимыми и смертельными.

Закономерностью является то, что различные металлы представляют неодинаковую опасность для живых организмов. Такие тяжелые металлы, как Hg, Pb, Cd, As, Cu, V, Zn, Mo, Ni, признаны приоритетными загрязнителями по степени токсичности, распространенности и способности накапливаться в пищевых цепях. Наиболее опасные из них Hg, Pb, Cd [4].

Основные источники антропогенного поступления тяжелых металлов в природную среду – тепловые электростанции, металлургические предприятия, карьеры и шахты по добыче полиметаллических руд, транспорт, химические средства защиты сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей.

Микробиологическая и биохимическая характеристики почв – это наиболее сложный раздел почвенной биодиагностики. Микроорганизмы – очень чувствительные индикаторы, резко реагирующие на различные изменения в почве в результате влияния тяжелых металлов. Следствием этого является высокая динамичность микробиологических показателей не только в пространстве, но и во времени. Кроме того, неравномерность распределения микрофлоры в

почвенной толще, обуславливающая разнообразие значений численности микроорганизмов и требующая многократности анализов, недостаточная разработанность микробной систематики и идентификации видов усложняют использование микробиологических показателей в диагностических целях.

Значение биодиагностики в данном случае обусловлено высокой чувствительностью биологических систем к повышенному содержанию тяжелых металлов. Ее методы:

1) ранняя индикация на уровне биохимических и физиологических реакций. Основана на изменении активности ферментов при загрязнении субстратов тяжелыми металлами. Например, свинец оказывает сильное воздействие на активность таких ферментов, как пероксидаза, кислая фосфатаза, малатдегидрогеназа;

2) косвенная индикация – оценка влияния тяжелых металлов на рост и продуктивность растений, в качестве индикационных признаков используются анатомические и морфологические отклонения;

3) биоиндикационная устойчивость растений к тяжелым металлам.

Методы микробиологической и биохимической диагностики также применимы при оценке загрязнения почв тяжелыми металлами. Хорошим индикатором является уровень азотфиксирующей активности. Продуктивность и микробная биомасса, таксономическая структура микробиоценозов выступают индикационными признаками длительного загрязнения почв.

Таким образом, почва – это не только субстрат, на котором растут растения, из которого они черпают минеральные элементы питания, она представляет собой сложную систему с различными протекающими в ней биологическими и биохимическими процессами. В почве происходят разнообразные биохимические превращения, устанавливается сложная взаимосвязь между микроорганизмами. Почвенные микроорганизмы составляют значительную часть любой биогеосистемы – экологической системы, включающей почву, косное (неживое) и биокосное (живое или произведенное живыми организмами) вещества – и активно участвуют в ее жизнедеятельности. Почва обладает высокой буферной способностью, т. е. долгое время может не изменять своих свойств под воздействием загрязнителей. Микроорганизмы почв обладают высокой чувствительностью к антропогенному воздействию, поэтому они являются хорошими индикаторами загрязненности окружающей среды. Так, по виду микрофлоры, преимущественно обитающей (или, наоборот, отсутствующей) на данной территории, можно определить не только степень загрязнения, но и его вид (какое именно загрязняющее вещество превалирует на данном участке).

Оценка состояния обитающих в почве организмов, их биоразнообразия имеет важное значение при решении задач природоохранной практики: выделении зон экологического неблагополучия, расчете ущерба, нанесенного деятельностью человека, определении устойчивости экосистемы и воздействии тех или иных антропогенных факторов. Микроорганизмы и их метаболиты позволяют проводить раннюю диагностику любых изменений окружающей среды, что важно при прогнозировании изменений окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Литература

1. Авраменко И. Ф. Микробиология : учеб. пособие. – М.: Колос, 1972. – 190 с.
2. Введение в химию окружающей среды / Д. Андрус [и др.]. – М.: Мир, 1999.
3. Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. – М.: МГУ, 1989.
4. Громов Б. В., Павленко Г. В. Экология бактерий. – Л.: ЛГУ, 1989.
5. Гусев М. В., Минеева Л. А. Общая микробиология. – М.: МГУ, 1993.
6. Гусев М. В. Микробиология : учебник. – М.: Академия, 2003. – 464 с.
7. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. – М.: Наука, 1990. – 270 с.
8. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы. – М.: МГУ, 1985.
9. Кожевин П. А. Микробные популяции в природе. – М.: МГУ, 1985.
10. Лыков А. М., Коротков А. А., Громакова Т. Г. Земледелие с почвоведением. – М.: Агропромиздат, 1985.

11. Мишустин Е. Н., Емцев В. Т. Микробиология : учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987.
12. Микроорганизмы в сельском хозяйстве / отв. ред. Н. А. Красильников. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963. – 457 с.
13. Нарциссов В. Т. Научные основы систем земледелия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1982. – 328 с.
14. Нетрусов А. И., Котова И. Б. Микробиология : учебник. – М.: Академия, 2006. – 352 с.
15. Орлов А. П. Химия почвы. – М.: МГУ, 1985.
16. Почвоведение : учебник / под. ред. И. С. Кауричева. – 4-е изд. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
17. Пяткин К. Д., Кривошеин Ю. С. Микробиология. – 4-е изд., перераб., и доп. – М.: Медицина, 1981. – 512 с.
18. Сидоренко О. Д. Микробиология : учебник. – М.: Инфра-М, 2005. – 285 с.

STRONTIUM CONTENT IN SANDY SOILS ON AGRICULTURAL FIELDS AROUND CITY OF MOUNDOU IN SOUTHERN REGION OF CHAD

Koï Kamssou, V. D. Nagornyy,

Agro-Technological Institute of People`s Friendship University of Russia

Introduction

Data presented in this article are not the result of before planned research. Analyzing physical, chemical composition and level of fertility of sandy soils on agricultural fields around city of Moundou in Southern part of Republic of Chad it has been found that some soils have extremely high content of strontium. Soils of this area have very specific physical and chemical properties for they are have been formed on eolian and colluvio-alluvium deposits. Along the river Logon in some places may be found hydromorphic clay soils. On sandy soils at higher places farmers usually grow corn, peanut, cassava, and taro. On lower places along the river they cultivate rice, root vegetables, banana, and green vegetables. Commercial produce of these crops compose main part of people`s diet. Analytical data obtained and known general information on etiological factors which may cause Kashin-Beck disease and other diseases, mostly bone abnormalities, led us to analyzed more deeply strontium status of sandy soils in mentioned area.

Chemical properties of strontium are very similar to those of barium, calcium, as may form the same salts and basis, but being heavier strontium forms less movable hydroxide, what leads to its accumulation in soils and plant and live organism tissue. This fact is supported by high content of this element in all kind sediments. For example, rests of sea acantarium (radiolarium) mainly composed from SrSO₄. Sea weeds contain 26–140 mg per 100 g of dry matter, whereas grasses contain around 2–3 mg/100 g d.m. Main forms of strontium salts in sea sediments are carbonate and phosphate. In all geochemical and biochemical processes calcium and strontium accompanies each other. Their ration (Ca/Sr) in soils formed on mother rock or eolian and alluvial sediments unavoidably determines content of strontium in plants. Of cause, it worth mentioning that soils and plants may be polluted by radioactive ⁹⁰Sr precipitated after nuclear explosions or accidents at nuclear objects.

In any case, while evaluating qualities of soil, as an agricultural object, it worth paying attention to total content of strontium and its ratio to calcium. It will be helpful in finding coincidence with of such diseases as Kashin-Beck and other bone abnormalities and finding means of its prevention [3, 11, 12, 18].

Materials and methods

City Moundou is a capital of the Southern province in Chad. All fields around the city are allocated for crop production and pastures. Soils may be considered as very young as they are formed by periodic wind-driven and alluvial deposits.

Locations of pedons excavated (see table 1) were purposely chosen to study influence of height above sea level, hydrology, notable difference in soil profiles, mode of soil use (arable, pas-

ture, crops cultivated). Soils at different locations are represented by pedons excavated at different fields around the city Moundou. Some fields along the river Logon experience periodic but prolonged flooding (pedons 2, 8 and 9).

Table 1. Location and principal properties of soils studied in province Moundou (Chad)

Pedon		Height above sea level *, m	Total content in 30 cm layer, mg/kg		Ca/Sr ratio		Level of radiation, $\mu\text{Sv/h}^*$
			Sr	Ca	mass	atomic	
1	8° 37' 26.94'' N 15° 59' 3.28'' W	4748	15	469	31	69	20
2	8°35'57.96''N 16°03'33.34''W	400	235	827	4	7,7	16
3	8°35'22.52''N 16°06'20.28''W	389	16	714	45	99	15
4	8°37'49.24''N 16°05'51.60''W	411	14	851	61	125	9
5	8°33'58.79''N 16°00'18.10''W	412	11	422	38	82	18
6	8°39'52.64''N 16° 01'38.36''W	481	8	500	63	139	14
7	8°34'30.40''N 16°00'38.06''W	409	12	347	29	62	13
8	8°32'59.59''N 16°05'49.36''W	396	9	381	42	95	13
9	8°36'14.68''N 16°04'46.58''W	3961	273	2310	9	19	8

*Level of natural radiation = 9–10 $\mu\text{Sv/h}$

NB: Level of water above sea level in the river = 380 m.

All pedons were excavated up to 100–120 cm depth. As there no distinguished genetic soil horizons soil sample were taken from regular layers 0–30, 30–50 and 50–100 cm. All agrochemical properties such as pH of salt solution, CEC, content of total and exchangeable phosphate, calcium, magnesium, potassium for each soil sample were determined by appropriate techniques [6]. Total content of P, Ca, Sr, Fe, Mn, Mg, K was determined using by X-ray spectrometer 'Spectroscan Max G'. According to Atlas Cartographique [2] these soils pertain to sandy ferritic and ferrallitic groups (pedons: 1, 3, 4, 5, 6, 7). Upper layers of sandy ferrallitic soils have light brown or gray-brown color. Soils with some hydromorphic features (pedons: 2, 8, 9) have dark gray color. All soils have sandy granulometric composition. Clay content in soils is in the range 2–3 %, cation exchange capacity varies from 1 to 2 meq./100g. Soil acidity measured in KCL extraction was in the range 3,9–5,2. Content of exchangeable aluminum was very low (0,2–0,5 meq./100 g). Organic matter content in soils on higher places was in the range 0,6–0,8 %. In the soils with hydromorphic features OM content was in the range 1,1–1,3 %.

Results and discussion

The main goal pursued in our research was to evaluate physical, chemical, hydrological, and agronomical qualities of soils used for crop production in the province Moundou in Chad. The Data obtained revealed very wide variation in content of strontium in different soils of the province. Nowadays it is recognized that high accumulation of strontium in human body may cause Kashin-Beck disease osteoarthritis and different metabolic disorders [11, 12, 14, 15, 16, 21, 22, 23]. That is why; it is a reason of big concern for researchers, pathologists and administration at the area. Here we do not mention negative effect of radioactive strontium and other radionuclides on wild life and human beings, as it is a specific case in quite ordinary situations.

Russian researchers have accumulated big volume of information on nature of strontium content in soils and biological tissues, its mobility in different conditions, and its influence on health of people. They classified soils on basis of strontium content and established level of ratio

Ca/Sr in soils which may be dangerous for human being, and find the way for soil remediation. More over on basis of this data a special State regulation has been adopted [14, 18, 20]. Having this in mind we trying to evaluate data obtained on strontium content in sandy soils of the province Moundou in Chad.

Table 2. Level of content of OM, clay, sand and selected elements in soils at different locations and depth of soil pedons

Pedon	Layer, cm	OM,%	Sand,%	Clay,%	Silt,%	pH		Total content, mg/kg		
						H2O	KCl	P	Ca	Sr
1	0-30	0,79	98,67	0,8	0,6	5,3	4,8	0,075	469	75
	30-50	1,18	96,6	1,6	1,8	5,3	5,0	0,067	664	105
	>100	0,99	95,8	3,2	1,0	4,8	4,8	0,063	796	125
2	0-30	1,13	943,0	2,6	3,4	4,8	4,5	0,086	827	1175
	30-50	0,78	97,2	1,4	1,4	4,8	4,1	0,095	510	1170
	>100	0,45	96,6	1,6	1,8	4,6	4,2	0,068	880	1035
3	0-30	1,43	99,2	0,4	0,4	5,3	5,2	0,066	714	80
	30-50	0,53	98,6	0,6	0,8	5,0	5,4	0,078	246	65
	>100	0,59	96,2	1,6	2,2	4,8	4,1	0,074	389	105
4	0-30	0,84	97,6	1,0	1,4	5,2	4,9	0,109	851	70
	30-50	0,64	97,6	0,8	1,6	4,9	4,5	0,104	536	105
	>100	0,96	99,2	0,6	0,2	4,8	4,0	0,081	263	130
5	0-30	0,58	98,6	0,4	1,0	5,1	4,6	0,096	422	55
	30-50	0,71	98,2	0,8	1,0	4,6	4,0	0,080	274	85
	>100	0,51	99,2	0,6	0,2	4,3	3,9	0,083	137	130
6	0-30	0,65	99,6	0,2	0,2	5,4	4,9	0,064	499	40
	30-50	0,51	99,0	0,2	0,8	5,3	4,7	0,080	370	55
	>100	0,72	98,2	0,4	0,6	4,8	4,2	0,080	290	75
7	0-30	0,85	97,8	0,8	1,4	5,3	4,5	0,087	347	60
	30-50	0,45	97,8	1,2	1,0	5,1	4,2	0,076	312	75
	>100	0,26	97,2	2,2	0,6	4,7	3,9	0,044	279	145
8	0-30	1,04	99,4	0,4	0,2	5,6	5,0	0,084	381	45
	30-50	0,45	98,3	0,6	1,2	5,1	4,3	0,072	187	50
	>100	0,52	98,0	1,2	0,8	4,8	4,0	0,068	470	95
9	0-30	1,54	95,0	2,2	2,8	5,5	4,8	0,136	2310	1365
	30-50	0,84	98,0	1,2	0,8	5,3	4,3	0,075	1322	1260
	>100	0,51	94,3	2,7	3,1	5,0	4,1	0,101	1249	1185

Table 3. The Pearson's correlation matrix among measured levels of OM, clay and selected elements

	OM,%	Sand,%	Clay,%	Silt,%	pH		Total content, mg/kg			
					H ₂ O	KCl	P	Ca	Sr	
OM, %	1									
Sand, %	0,2397	1								
Clay, %	0,1511	0,3455	1							
Silt, %	0,2065	0,5019	0,6737	1						
pH-H ₂ O	0,0600	-0,0384	-0,0878	0,0469	1					
pH-KCl	0,5074	0,0118	-0,1815	-0,0668	0,0104	1				
P	0,3669	0,0516	0,0434	0,4845	0,0654	0,1132	1			
Ca	0,5484	0,0975	0,5260	0,5851	-0,1074	0,1914	0,5556	1		
Sr	0,2512	0,3501	0,55558	0,6445	-0,1143	-0,1904	0,4085	0,7481	1	

Main part of soils in the province may belong to three main groups, Arenosols, Ferrasols, Flvisols [2]. Eolian nature of soil formation at the area and very high content of sand allow us to expect high risk of mobility of strontium in soil profiles and high content of strontium in ground water. As other researchers found these parameters directly depend on granulometric composition

of soil, OM content, soil acidity, calcium and phosphate content [7, 8, 13, 18, 19]. Total strontium content and other properties of soils influence uptake of strontium by plants what may be determined by value of transfer factor (TF).

Data presented in the Table 3 shows that the range of strontium content in soils varies very much: from very low (8–12 mg/kg) to extremely high (235–273 mg/kg). Low content of native strontium prevail in profile layers of most soils studied. Let it be noted that in some soils lower layers have higher content of Strontium, what may be explained by (a) different content of strontium in wind-brought material in previous times, and (b) by lixiviation of strontium together with silt into lower layers of soil. But, as it is suggested by soil scientists [1, 7, 12, 17, 18, 23] abundance of strontium are to be compared to that of its homologous element which is calcium. Wide variation in total content of Strontium and Calcium has been found in parent rocks and minerals [4, 9, 17, 23]. Whereas content of extractable form of these elements in soils is less variable due to use of the same salt solution for extraction of exchangeable forms of both elements.

It has been found [7, 13, 17, 19], that mobility of strontium highly depends on mass or atomic ratio Ca/Sr (see table 3). Value of these ratios matters for assessment of the strontium status of the soils, and this value have been used in Russia for classifying soils and drinkable water. For example, water which contains 7 and more that 7mg of strontium is per one liter is not to portable and not to be used in kitchen [18, 20]. Soils which have wide ratio Ca/Sr (more than 100) are not to be used for production of food crops [10, 18]. The reason is much recognized: such levels of strontium in water and wide ratio Ca/Sr may cause Kashin-Beck disease, osteoarthritis, 'strontium-caused rachitis', other physiological abnormalities [11, 12, 23, 15]. It is accepted that these diseases are a consequence of misbalance between Ca and Strontium in water and food diet, what causes displacement of Ca by Sr [21, 22, 23].

Data presented in Table 1 show that at some places should be of big concern as cultivation of food crops may bring problems with health of people living there. Higher content of strontium in low layers of some soils may be explained at least by two obvious factors. Firstly, it may be caused by downward movement of strontium in sandy soils during rainy season [8, 9]. Sandy soils with low content of clay and silt and, as consequence, with low CEC are not able to hold basic elements in upper layers of soil. Wind-translocation of weathered material from Northern part of the country (Tibetsy area) is the second factor. That area is rich in strontium-containing material originated from ocean deposits of Pleistocene period. Lowest layers of soil may be formed from sand deposits brought by the North-West wind decades before, whereas other layers has been formed later by sand and dust delivered by wind from other directions.

Strontium translocation along the soil profile and sorption of this element by soil depend on prevailing chemical composition of soil (salt: sulphate, carbonate, chloride, and phosphate; OM, clay and silt content). All these suggest possible measures of soil remediation. Such measures may include enrichment of soil with in organic material [1, 3, 7, 14, 19], use of phosphate fertilizers [3, 4, 7, 9, 14]. This measures may reduce transfer factor of Strontium from 0,2–0,3 to as low as 0,01–0,008 [15, 16, 23].

Conclusion

1. Grate majority of soil of Moundou province in Chad pertain to group of light sandy Arenosols, Ferralsols, Fluvisols of low fertility. Some soils have comparatively high content of strontium and calcium due to their formation from wind-brought materials originated from ocean deposits of Pleistocene period. Such soils have bigger Ca/Sr ratio what may cause higher transfer of strontium from soil to plant produce.

2. Future many-side and versatile research is needed to establish correlation between Strontium content in soils, rate of transfer of this element to plant produce, and frequency and severity of diseases thought to be caused by high accumulation of strontium in human body.

References

1. Arna J. Andersen. 1973. Plant Accumulation of Radioactive Strontium with Special Reference to the Strontium-Calcium Relationship as Influenced by Nitrogen. Danish Atomic Energy Commission of Research Establishment Report No. 278.

2. Atlas Cartographique. 2003. (Schema Directeur de l'eau et de l'assainissement du Tchad, 2003–2020). P. 90.
3. H. J. M. Bowen H.J., J. A. Dymond 1955. Strontium and Barium in Plants and Soils. Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences. DOI: 10.1098/rspb.
4. Britton Kate, Vaughan Grimes, Laura Niven, Teresa E. Steele, et al. 2011. Strontium isotope evidence for migration in late Pleistocene Rangifer: Implications for Neanderthal hunting strategies at the Middle Palaeolithic site of Jonzac, France // In Journal of Human Evolution. – No. 61. – Pp. 176–185.
5. Klich L. V., Tupitska M. O., Kurbatova I. N. 2013. Methods of reducing Strontium accumulation in animals // Biologicheskii vestnik, MDOU. – No. 3. – Pp. 150–162.
6. Nagorny V. D. 2013. Soil and Plant Analysis. – M.: RUDN. – P. 140.
7. Naser Khaleghpanah, Mohammad Hassan Roozitalab, Abbas Majdabadi *Rayehe Mirkhani. 2010. The adsorption of Strontium on soils developed in arid region as influenced by clay content and soluble cations. 2010 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1–6 August 2010, Brisbane, Australia.
8. Netta Shalex, Boaz Lazar, Ludwik Halicz, and ath. 2013. Strontium isotop fractionation in soils and pedogenic processes // In Procedia 'Earth and Planetary Science'. – № 7. –Pp. 790–793.
9. Twining J., P. Shotton, K. Tagami, T. Payne, T. Itakura, R. Russell, et al. 2003. Transfer of radioactive caesium, strontium and zinc from soil to sorghum and mung beans under field conditions in tropical Northern Australia // In Proceedings of a final research coordination meeting organized by the joint FAO/IAEA Programme of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held in Chania, Crete, 22–26 September 2003. – P. 21.
10. Лукашев А. Г., Ельников И. И. Химический состав зерна разных сортов кукурузы // Экология и биология почв : материалы Междунар. науч. конф. (Ростов-на-Дону, 21–25 апр. 2005 г.). – Ростов н/Д, 2005. – С. 111–113.
11. Вощенко А. В., Смекалов В. П. Уровская (Кашина – Бека) болезнь // Малая энциклопедия Забайкалья: Здравоохранение и медицина. – М.: Наука, 2001. – 630 с.
12. Вощенко А. В., Чугаев В. Н., Устинова Е. Е. Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине. – Самарканд, 1990. – С. 428–429.
13. Ермохин Ю. И., Иванов А. Ф. Влияние удобрений на содержание и соотношение кальция и стронция в почве и растениях // Агрехимический вестник. – 2004. – № 4. – С. 18–21.
14. Ильин В. Б. Оценка существующих экологических нормативов содержания тяжелых металлов в почве // Агрехимия. – 2000. – № 9. – С. 74–79.
15. Ковальский В. В., Засорина Е. Ф. К биогеохимии стронция // Агрехимия. – 1965. – № 4. – С. 78–88.
16. Стронциево-кальциевые субрегионы биосферы и биогеохимические провинции / В. В. Ковальский [и др.] // Тр. биогео-химической лаб. АН СССР. – 1978. – Т. 15. – С. 122.
17. Литвинович А. В., Лаврищев А. В. Стронций в системе удобрения (мелиоранты) – почва – природные воды – растения – животные (человек) // Агрехимия. – 2008. – № 5. – С. 73–86.
18. Петренко Д. В. Влияние производства фосфорных удобрений на содержание стронция в ландшафтах : дис. ... канд. биол. наук. – М., 2008. – 158 с.
19. Прохоров В. М., Фрид А. С. Влияние гумуса на скорость диффузии стронция-90 в кварцевом песке // Почвоведение. – 1966. – № 3. – С. 68–70.
20. СанПиН 2.1.4. 11074-01. Санитарно-эпидемиологические нормы и нормативы. Питьевая вода. – М.: Минздрав России, 2002. – 61 с.
21. Фомичев Ю. П. Некоторые аспекты производства экологически безопасной продукции животноводства и охраны окружающей среды // Аграрная Россия. – 2000. – № 5. – С. 5–10.
22. Хёнинг А. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении сельскохозяйственных животных. – М.: Колос, 1976. – 559 с.
23. Худяев С. А. Стронций в компонентах ландшафтов юга Обь-Иртышского междуречья : дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск: Ин-т почвоведения и агрохимии РАН СО, 2008. – 130 с.

ГЕОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОПТИМИЗАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Н. А. Марунич,

*Республиканский институт экологии и природных ресурсов
Приднестровской Молдавской Республики, г. Бендеры*

Принципиальное отличие геоэнергетического подхода от энергетического состоит в том, что не просто осуществляется оценка в универсальных единицах энергии – джоулях, а идет характеристика соотношения существующего и возможного потенциала экосистемы с учетом изменения принципов хозяйствования, а также оценивается доля антропогенной энергии в оптимизации функционирования системы.

Главная цель геоэнергетического подхода – поиск путей хозяйствования с устойчивым снижением доли антропогенной энергии в процессах оптимизации и восстановления естественных систем и роста энергопотенциала на примере лесных экосистем.

Лес – это геоэнергетическая лаборатория, преобразующая воду и углекислый газ с использованием солнечной энергии в питательные вещества для других организмов. В экологически стабильных лесах количество потребляемого углекислого газа в процессе фотосинтеза не превышает количества выделяемого в атмосферу Земли.

По данным министерства сельского хозяйства и природных ресурсов, лесной фонд Приднестровья занимает 7,6 % территории республики, или 0,049 га леса на душу населения, что значительно меньше, чем в развитых странах мира. Основной лесообразующей породой Приднестровья является дуб черешчатый.

В Молдове проблема нарушения естественного баланса лесных экосистем стоит достаточно остро, повсеместно наблюдается выпадение основных лесообразующих пород, разрушение естественного состояния лесной среды и как следствие нарушение всех основных экологических процессов [1].

Леса Приднестровья относятся к лесам I группы – леса, выполняющие природоохранные функции, главная цель – это поиск путей неистощительного природопользования путем выбора и введения в практику энергоэффективных вариантов оптимизации функционирования лесных экосистем, формирование эколого-экономически оправданной структуры функционирования лесных экосистем Приднестровья [2].

На примере конкретного объекта урочища Калагур Рыбницкого района Приднестровья с целью оптимизации функционирования лесных экосистем нами был применен геоэнергетический подход для характеристики энергетических потоков лесной экосистемы и определения путей оптимального лесопользования [3–5].

Урочище Калагур площадью 740 га – уникальное. Были подготовлены материалы для взятия его под особую охрану государства. Флора в этом урочище богата редкими, исчезающими и эндемичными растениями и фитоценозами. В составе насаждений – дуб скальный, дуб черешчатый, дуб ножкоцветковый. Однако состояние леса в урочище и направленность процессов, происходящих здесь, вызывают тревогу, требуют принятия особых мер по его охране и восстановлению. Главная порода, эдификатор этих лесов, дуб в силу разных причин уступил свое место липе войлочной, реже ясеню и грабу. По данным обследований, только на площади 160 га в составе насаждений преобладает дуб – более 4 единиц [6].

Территория урочища, как и территория всей республики, испытывает высокие антропогенные нагрузки. Для расчета суммарной антропогенной нагрузки территории использовалась формула Кочурова [7]:

$$A_n = \sum_{i=1}^n S_i \times B_i,$$

где: S – площадь вида (i – го) использования земель, в %;

B – балльная оценка антропогенной нагрузки по i-му виду с учетом корректировки по дополнительным факторам; n – число групп.

По расчетам суммарная антропогенная нагрузка для республики равна 983,04 балла, она оценивается как высокая, с учетом природной ландшафтной дифференциации территории Приднестровья.

Геознергетический подход рассматривается нами как оценка в определении антропогенной нагрузки территории не в баллах, а в реальных единицах энергии – джоулях. Джоуль выступает как неизменная константа оценки, он не подвержен колебаниям и изменениям цен на рынке, является универсальной единицей для оценки и сравнения энергии с целью поиска путей рационального природопользования, предложения вариантов оптимизации функционирования естественно-антропогенных ландшафтов (преобразованных человеком лесных экосистем).

По методике геознергетической оценки определялись:

1) соотношение возможного потенциала лесной экосистемы к существующему с учетом изменения принципов хозяйствования:

$$e_R = E_B / E_C,$$

где: e_R – эффективность использования природной энергетической ренты;

E_B – возможный энергопотенциал лесной экосистемы, Дж;

E_C – существующий энергопотенциал лесной экосистемы, Дж.

2) доля антропогенной энергии в оптимизации функционирования лесной экосистемы:

$$D_A = A_B / A_C,$$

где: D_A – доля антропогенной энергии в оптимизации функционирования лесной экосистемы;

A_B – возможные затраты антропогенной энергии при изменении варианта оптимизации функционирования лесной экосистемы, Дж;

A_C – существующие затраты антропогенной энергии в оптимизации функционирования лесной экосистемы, Дж.

Эти два показателя способны отразить геознергетическую эффективность предлагаемого варианта оптимизации функционирования лесной экосистемы.

В урочище Калагур Рыбницкого района Приднестровья были исследованы три варианта оптимизации функционирования лесных экосистем: сплошная механизированная обработка почвы с корчевкой пней после сплошной рубки материнского насаждения, механизированная закладка культур дуба черешчатого двухлетними саженцами с механизированным уходом за культурами; закладка культур дуба черешчатого посевом желудей с использованием лесной среды материнских насаждений и элементов естественного возобновления сопутствующих пород и кустарников и накоплением подроста дуба в насаждении; закладка культур дуба черешчатого посадкой двухлетних саженцев с использованием лесной среды материнских насаждений и элементов естественного возобновления сопутствующих пород и кустарников[6].

В сложившихся условиях в урочище Калагур, как и в других лесных экосистемах Приднестровья может быть применен только вариант оптимизации функционирования лесных экосистем № 3. Вариант оптимизации функционирования лесных экосистем № 3 является до некоторой степени примером совпадения хозяйственной задачи с потенциальными возможностями экосистемы (лесного биогеоценоза) Приднестровья [8, 9].

Оценив геознергетическим подходом потоки энергии лесной экосистемы урочища Калагур, а также затраты по перечисленным вариантам оптимизации лесных экосистем и планируемый рост энергопотенциала леса при введении оптимального варианта лесопользования № 3, получили следующие результаты геознергетической оценки: при внедрении варианта № 3 эффективность использования природной энергетической ренты лесной экосистемы урочища Калагур существенно возрастет и составит:

$$e_R = 19,7 \times 10^{13} \text{ Дж} / 10,7 \times 10^{13} \text{ Дж} = 1,84.$$

Доля антропогенной энергии существенно снизится за счет использования потенциала природной среды, то есть энергетической природной ренты и составит:

$$D_A = 11459,07 \times 10^6 \text{ Дж} / 4475220,7 \times 10^6 \text{ Дж} = 0,002.$$

Используя геознергетический подход в оценке потоков энергии в естественных экосистемах с антропогенным воздействием, антропогенной нагрузки с целью поиска путей оп-

тимального хозяйствования, возможно определить оптимальный путь хозяйствования с учетом эколого-экономических интересов и соблюдением принципов рационального природопользования.

На примере лесных экосистем нами доказана эффективность применения геоэнергетического подхода (с существенным увеличением эффективности использования природной энергетической ренты $e_R = 1,84$, и уменьшением доли антропогенной энергии $D_A = 0,002$) при определении оптимального варианта хозяйствования в лесных экосистемах Приднестровья.

Литература

1. Куза П. А. Особенности роста генеративного потомства дуба черешчатого в Молдове // Лесоведение. – 2010. – № 1. – С. 37–43.
2. Марунич Н. А. Практическое применение оптимальной энергоэффективной технологии лесовосстановления // Проблемы региональной экологии. – 2013. – № 5. – С. 219–221.
3. Кочуров Б. И., Марунич Н. А. Энергетический подход к изучению геосистем и технологий лесовосстановления Приднестровья // Юг России: экология, развитие. – 2016. – № 1. – С. 159–169.
4. Кочуров Б. И., Марунич Н. А. Эколого-энергетический анализ технологий лесовосстановления // Экология урбанизированных территорий. – 2013. – № 1. – С. 93–96.
5. Кочуров Б. И., Марунич Н. А. Методы энергометрологической экономики в оценке энергоэффективности функционирования и восстановления лесных экосистем в энергорублях с целью поиска путей рационального природопользования // Природа и экономика Кемеровской области и сопредельных территорий. – 2015. – С. 271–274.
6. Маяцкий И. Н. Технология восстановления насаждений с преобладанием дуба // Экологические проблемы Приднестровья. – 2010. – С. 79–94.
7. Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие : учеб. пособие. – М.: Маджета, 2003. – 384 с.
8. Марунич Н. А. Анализ функционирования лесных экосистем с антропогенным воздействием с позиции энергетического подхода // Академику Л.С. Бергу – 135 лет. – 2011. – С. 278–280.
9. Марунич Н. А. Перспектива анализа функционирования лесной экосистемы с позиции энергетического подхода с целью поиска путей неистощительного природопользования и сохранения биоразнообразия // Актуальные проблемы биоэкологии. – 2010. – С. 45–47.

УДК 692.756

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УРАЛЬСКИХ ГОРНОРУДНЫХ ГОРОДОВ (СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

И. А. Старицына¹, Н. А. Старицына²,

¹Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург;

²Уральский колледж им. И. И. Ползунова, г. Екатеринбург, Российская Федерация

Города Свердловской области часто испытывают высокую техногенную нагрузку. Урал – опорный край державы, поэтому в каждом городе расположен либо завод, либо горнорудное производство, а иногда и то, и другое. Наличие большого количества промышленных объектов накладывает негативный отпечаток на экологию уральских городов (табл. 1). Крупнейшие города Свердловской области Каменск-Уральский и Нижний Тагил. На их территории находятся большие металлургические заводы [1], а экология оставляет желать лучшего.

В рамках программы улучшения экологии города Екатеринбурга из мегаполиса было вынесено несколько промышленных производств. Однако, улучшив экологию в одном городе, в другом ее ухудшили. Некоторые заводы переехали из мегаполиса в другие города, например, в г. Верхняя Пышма.

Спад экономики в 90-е годы и разворовывание государственной собственности привело к банкротству, и впоследствии к закрытию нескольких крупных заводов на территории Свердловской области. С одной стороны, это должно было привести к улучшению экологии в моногородах, но с другой – отрицательных последствий оказалось больше. При закрытии заводов, шахт и карьеров остались огромные заброшенные территории, которые захламлены

промышленными отходами. Эти отходы, оставленные без утилизации либо требующие рекультивации, могут нести угрозу окружающей среде. Некоторые заброшенные горные выработки привели к экологической катастрофе (г. Дегтярск).

Заброшенные земли в пределах мегаполиса Екатеринбурга быстро возвращаются в хозяйственный оборот, так как стоимость земельных участков здесь очень высокая. Однако в других городах области картина иная. Брошенными остаются не только территории обанкротившихся заводов и шахт, постепенно вымирают населённые пункты (п. Лёвиха).

Таблица 1. Развитие негативных процессов на территории Свердловской области [2]

Наблюдаемый процесс	Площадь, тыс. га
1. Захламление	1,49
2. Загрязнение химическими веществами и соединениями, из них:	
• тяжелыми металлами	144,12
• нефтью и нефтепродуктами	0,02
• средствами химизации	0,01
• сельского хозяйства	

Чем ближе находится населенный пункт к Екатеринбургу, тем выше благосостояние его жителей. Мегаполис перетягивает на себя ресурсы близлежащих городов. Жители мегаполиса осваивают для жизни города-спутники (Берёзовский, Верхняя Пышма). Именно в этих городах в настоящее время наиболее активно ведется жилое строительство. При этом мегаполис почти полностью «забирает» себе объекты инфраструктуры, поэтому за развлечениями и отдыхом жители области едут в город Екатеринбург.

Экологическое состояние городов Свердловской области неоднородное. Удаленность от мегаполиса не гарантирует хорошей экологии. Например, города Серов и Ирбит достаточно удалены от города Екатеринбурга, однако, экология в г. Ирбите, лучше, чем в г. Серове. Это связано с тем, что в Серове работают несколько крупных заводов.

Город Нижний Тагил занимает территорию в два раза больше, чем город Каменск-Уральский (298 и 144 км² соответственно). На территории этих городов находятся крупные заводы (табл. 2). Жилые и промышленные районы перемежаются между собой, испытывая высокую техногенную нагрузку [3].

Таблица 2. Предприятия в городах Свердловской области

Город	Заводы
Каменск-Уральский	«УАЗ-СУАЛ» ОАО«СУАЛ»; ОАО «Волжская ТГК» филиал «Свердловский» Красногорская ТЭЦ, ООО «СУАЛ-Кремний-Урал» ОАО «СинТЗ» ОАО «КУМЗ»
Нижний Тагил	НТМК – ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» «Уралвагонзавод» (УВЗ) – ОАО НПК «Уральский вагоностроительный завод» УХП – ОАО «Уралхимпласт» НТКРЗ – ОАО «Нижнетагильский котельно-радиаторный завод» НТЗМК – ООО «Нижнетагильский завод металлических конструкций» (НЗТМК)
Серов	Надеждинский металлургический завод (НМЗ)

Нижний Тагил разделяется на четыре административных района. Структура городского пространства не компактная [5]. Исторически сформировались три района: Ленинский, Тагилстроевский, Дзержинский. Район Дзержинский расположен в 15 км от остальной части города, его можно считать не районом, а отдельным городом-спутником. Он считается самым экологически неблагополучным [12], так как в нем находится Уралвагонзавод. Недавно был образован Пригородный район, в состав которого вошли несколько населенных пунктов

в радиусе 30 км от города (деревни, поселки). Структура жилого фонда следующая: 40 % – 5–10 этажные панельные дома, 25–30 % – «хрущевки», 15–20 % – «сталинки». Около 30 % территории города составляют нарушенные земли, находящиеся на месте отработанных месторождений полезных ископаемых. Кроме заводов, территорию города загрязняют автомобильные выхлопы, пыль и смог, горящие свалки и торфяники.

Нижний Тагил занимает второе место по населению и территории среди городов Свердловской области. Однако по экологическим условиям он считается неблагоприятным и неоднократно входил в рейтинг самых грязных городов в России.

Город Каменск-Уральский делится на два административных района: Синарский и Красногорский. Местные жители выделяют третий район – Ленинский из-за его удаленного расположения, но официально он районом не является. Город имеет компактную структуру. На экологию и экономику города влияют 6 промышленных предприятий (табл. 3). В жилой застройке г. Каменск-Уральского преобладает частный сектор, который составляет 80 %. Структура промышленного производства следующая: цветная металлургия (32 %), черная металлургия (30 %), металлообработка (20 %), машиностроение (9 %). Кроме того, этот населенный пункт попадает в зону влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа. Наличие большого количества заводов в городе делает экологию Каменск-Уральского неблагоприятной для жизни. В почвах этого населенного пункта наблюдаются повышенные концентрации тяжелых металлов: марганца, цинка, никеля, хрома, меди, кадмия, кобальта и свинца.

Таблица 3. Предприятия г. Каменск-Уральского и последствия их деятельности

Предприятие	Вид твердых отходов	Выбросы в атмосферу
«УАЗ-СУАЛ» ОАО «СУАЛ»	минеральные шламы	81 % оксид углерода 99 % фтористый водород 100 % бенз(а)пирен
ОАО «Волжская ТГК» филиал «Свердловский» Красногорская ТЭЦ	золошлаки от сжигания угля	75 % диоксид азота
ОАО «СинТЗ»	окалина замасленная, нефтешламы	16 % диоксид азота
ОАО «КУМЗ»	алюминийсодержащие отходы	нет данных

В том случае, если градостроительное предприятие моногорода закрывают, происходит резкий социальный взрыв, растет безработица. Экологические последствия работы закрытого предприятия ликвидировать некому [4]. Основным источником загрязнения города Реж был металлургический завод ЗАО «ПО "Режникель"». В настоящее время данное предприятие находится на грани закрытия. Однако остается огромный по площади отвал металлургического шлака (табл. 4). Предприятие загрязняло атмосферу города выбросами взвешенных веществ, оксида и диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода.

Таблица 4. Хранилища промышленных отходов в окрестностях г. Реж

Наименование хранилища	Занимаемая площадь
Отвал вскрышных пород Сафьяновского месторождения	38,7 га
Отвал вскрышных пород Хвощевского месторождения	10 га
Отвал металлургического шлака	42,2 га
Итого:	90,9 га

В Свердловской области находится несколько населенных пунктов, которые испытывают экологическую нагрузку горнорудных производств, а также последствия их закрытия [6]. Территории бывших горных отводов в городах-спутниках Екатеринбурга, таких как Верхняя Пышма и Берёзовский, активно вовлекаются в дальнейшее использование [7]. Несмотря на высокий риск обрушения, на этих площадях возводятся жилые здания высокой этажности. В то же время в городах и посёлках, удаленных от мегаполиса, бывшие горные отводы подвергаются запустению и требуют срочной рекультивации для возможности возвращения в хозяйственный оборот либо восстановления природных ландшафтов [9]. Такая ситуация отмечена в г. Дегтярске, промышленная зона заброшенного рудника делит город на

две неравные части. В этой промзоне происходит загрязнение поверхностных и подземных вод, а также почвы отходами горного производства [10]. Почвы и вода загрязняются металлами, а также серной кислотой, которая образуется при окислении сульфидных руд.

Основные экологические проблемы региона:

- наличие крупных заводов, прежде всего металлургических и машиностроительных;
- наличие действующих горных производств;
- заброшенные заводы и шахты;
- земли, нарушенное размещение шламов, шлаков и других отходов производства.

Дисбаланс всех ресурсов порождает экологические проблемы. Денежные потоки сходятся в пределах мегаполиса, туда же устремляются информационные потоки и трудовые ресурсы. Экологические проблемы на местах решать очень сложно, так как на это недостаточно средств.

Литература

1. Гусев А. С., Цапаев Н. А., Беличев А. А. Биологическая активность почв с различным уровнем загрязнения тяжёлыми металлами. // Коньявские чтения : сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. / Уральская государственная сельскохозяйственная академия, кафедра овощеводства и плодоводства им. Н. Ф. Коняева. – Екатеринбург, 2006. – С. 311–314.
2. Доклад о состоянии и использовании земель Свердловской области в 2015 году. – URL: <https://rosreestr.ru/site/open-service/statistika-i-analitika/zemleustroystvo-i-monitoring-zemel66/>
3. Исследование содержания тяжёлых металлов в почвах земель сельскохозяйственного назначения Свердловской области / О. А. Кизилев [и др.] // Молодежь и наука. – 2016. – № 8. – С. 27.
4. Кавкаева О. Н. Институциональное проектирование как инструмент решения проблем старопромышленных городов // Социально-экономические проблемы развития старопромышленных регионов : сб. материалов Междунар. эконом. форума, посв. 65-летию КузГТУ. – Кемерово, 2015. – С. 68.
5. Колясников В. А., Попова М. В. Концепция градостроительной стратегии старопромышленных городов Урала // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – № 1. – С. 29–35.
6. Печеркина Н. С., Старицына И. А. Рекультивация нарушенных земель Сосновского месторождения известняков на территории Сысертского района Свердловской области // Молодежь и наука. – 2016. – № 6. – С. 30.
7. Старицына Н. А., Старицына И. А., Вашукевич Н. В. Анализ состояния земельных ресурсов Свердловской области // Уральская горная школа – регионам : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2016. – С. 252–253.
8. Старицына И. А., Вашукевич Н. В., Старицына Н. А. Проблемы развития сельскохозяйственных территорий Свердловской области // Островские чтения. – 2016. – № 1. – С. 557–564.
9. Старицына И. А., Старицына Н. А. Геоэкологические последствия освоения русла р. Пышмы (Берёзовское золоторудное месторождение, Свердловская область) // Технологическая платформа «Твердые полезные ископаемые»: технологические и экологические проблемы отработки природных и техногенных месторождений : сб. докл. II Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2015. – С. 332–337.
10. Старицына И. А., Старицына Н. А. Экологические последствия освоения человеком русла реки Берёзовки (Свердловская область, Средний Урал) // Водный транспорт России: инновационный путь развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – СПб: СПГУВК, 2011. – С. 81–85.
11. Старицына И. А., Старицына Н. А. Проблемы градостроительного планирования на примере города Березовского Свердловской области // Сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., посв. 15-летию создания кафедры «Землеустройство и кадастры» и 70-летию со дня рождения основателя кафедры, доктора с/х наук, профессора Туктарова Б. И. – Саратов: Саратов. ГАУ, 2015. – С. 312–318.
12. Gusev A. S., Vashukevich N. V. Soil estimation and land use in the impact zone of metallurgical factories (Middle Urals, Russia) // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. – 2016. – Т. 6. – № 8. – С. 45–50.

АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ СЕВЕРА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Н. В. Ухов,

Институт биологических проблем Севера,

г. Магадан, Российская Федерация

Суровые климатические условия (среднегодовая температура воздуха ниже минус 4⁰С) обуславливают развитие на Севере Дальнего Востока льдистых многолетнемерзлых пород [1, 2]. Глубина сезонного оттаивания почвогрунтов территории составляет в болотных мерзлотных почвах 0,35–0,5 м и 2,0–2,5 м – в крупнообломочных отложениях. Сельскохозяйственное освоение ландшафтов, как правило, сопровождается увеличением мощности сезонно-талого слоя в 1,5–3 раза, отчего на поверхности полей образуются многочисленные термокарстовые понижения. Глубина понижений может достигать 0,8–1,0 м. В 70–80-х годах прошлого столетия для предотвращения деструктивных процессов на участках с мерзлотными почвами разрабатывались технологии предварительной инженерной подготовки территории. Эти работы не предусматривали обоснование способов ускорения вытаивания многолетнемерзлых пород (ММП) различными методами, щелеванием, вспашкой всвал и т. д. По аналогии с расчетом мелиоративных систем на 10%-ную обеспеченность атмосферными осадками рассчитывалась глубина сезонного оттаивания почвогрунтов с 10%-ной теплообеспеченностью по климатическим данным того периода [3, 4].

На многих метеостанциях Северного полушария отмечается повышение температуры воздуха. Многими исследователями дается прогноз, что при сохранении существующего в настоящее время тренда повышения температуры воздуха в ближайшие десятилетия ожидается увеличение глубины сезонного протаивания на 20–30 см, которое приведет к существенному снижению устойчивости ландшафтов [5, 6]. Для континентальных районов рассматриваемой территории нами также установлена тенденция повышения температуры воздуха и таяния многолетнего подземного льда, обусловивших увеличение водности рек и понижение их температуры [7, 8]. Такие условия будут благоприятствовать активизации термокарстовых процессов в естественных ландшафтах, а при вовлечении их хозяйственную деятельность – и природно-технических систем. Следовательно, для повышения устойчивости агроландшафтов весьма актуальны исследования по обоснованию эффективных способов «мерзлотной» мелиорации, обеспечивающих их устойчивость. Кроме того, следует предусмотреть мероприятия по эффективному сбросу дополнительной избыточной влаги, образуемой при вытаивании льда из ММП, и повышению при этом плодородия почв.

На участке Клепкинской осушительной системы Ольского городского округа Магаданской области с мерзлотными почвами и термокарстовыми понижениями были испытаны 4 агромелиоративных метода по ускорению таяния ММП. Размеры участков 50x50 м, повторность четырехкратная. На первом участке проводилась вспашка культурным плугом на глубину 15–20 см, 2 – болотно-кустарниковым плугом (ПБН-75) на глубину 0,35–0,40 м, 3 – вспашка болотно-кустарниковым плугом (ПБН-75) через интервалы равные ширине захвата плуга (75 см) глубиной 35–40 см (рис. 1), 4 – выравнивание термокарстового рельефа и засыпка понижений землеройной техникой, бульдозером.

Принципиальная схема нетрадиционного способа «мерзлотной» мелиорации агроландшафтов и этапы ее осуществления показаны рисунке 1.

Здесь, на участке с льдистыми ММП, поверхностью почвы (0–0), слоем сезонного оттаивания (1), мощностью (h_1) с верхней (2) и нижней (3) его границами и льдистыми ММП (4) нарезают по уклону местности борозды.

Между бороздами сохраняются целики (6), выше которых уложены вынутые из них пласты почвогрунтов (7). После нарезки сплошной сети борозд на опытных участках летом существенно меняется теплообмен в почвогрунтах. Так, через дно борозд (8) резко возраста-

ет поступление тепла из атмосферы, в связи с чем происходит ускорение таяния льдистых ММП, при этом глубина сезонного оттаивания увеличивается с (h_1) до (h_2).

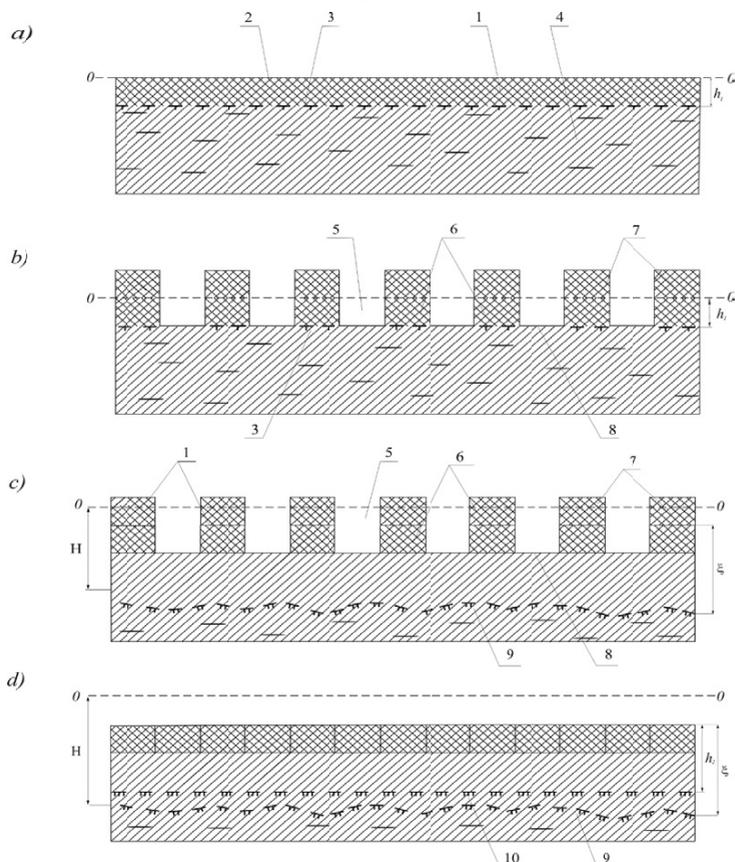


Рис. 1. Принципиальная схема предварительной подготовки мерзлотных почв
(а – естественное, исходное, состояние, б – нарезка борозд, с – «парование», т. е. вытаивание льдистых многолетнемерзлых грунтов, d – после смещения пластов в борозды и выравнивания термокарстового микрорельефа)

Отепляющее влияние сплошной сети борозд проявляется не только в летний, но и в холодный период года. Здесь за счет метелевого переноса борозды заполняются снегом, т. е. в них формируется дополнительная термическая изоляция. Другими словами, на половине площади поверх целика располагались осушенные пласты почвогрунтов (мощность 35–40 см), на другой – рыхлый снег, заполняющий борозды. Это существенно ограничивало выхолаживание почвогрунтов зимой. Таким образом, в результате применения этого нетрадиционного способа температура ММП повышается, а в отдельные, особо многоснежные зимы, нижняя часть деятельного слоя промерзала не каждый год, активизируя тем самым наиболее эффективное таяние льдистых ММП.

Следует отметить, что на участках с термокарстовым микрорельефом нарезают борозды только на положительных элементах рельефа, где они будут активизировать таяние и провоцировать тепловые просадки поверхности (рис. 2). В конечном счете при неизменном положении дна понижений глубина их уменьшается, и нередко в несколько раз. Это позво-

ляет ликвидировать микрорельеф на полях при минимальном объеме землеройных работ и потерь почвенного плодородия.

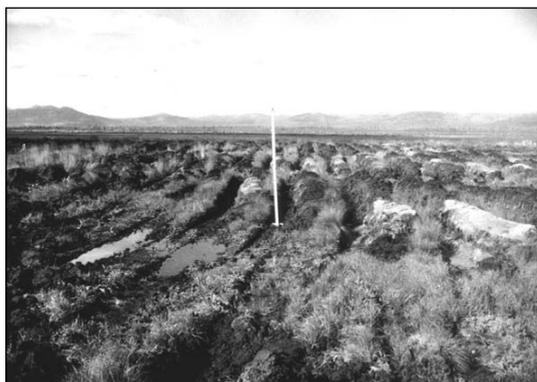


Рис. 2. Вид участка со сплошной сетью борозд на положительных элементах термокарстового микрорельефа

Эффективность агромелиоративных приемов по таянию ММП оценивалась нивелированием поверхности с помощью специального приспособления по сетке 5 x 5 м [9].

Результаты исследований приведены в таблице. Следует подчеркнуть, что уже на следующий год после нарезки сплошной сети борозд мощность сезонно-талого слоя увеличилась с 54 до 85 см, а верхняя граница ММП понизилась на 50–60 см.

Эффективность агромелиоративных приемов по вытаиванию ММП

Агромелиоративный прием	Глубина сезонного оттаивания, см		Понижение поверхности, см	
	До опыта	Через год после опыта	почвы	ММП
1. Сплошная вспашка болотно-кустарниковым плугом	57	72	8	20
Вспашка болотно-кустарниковым плугом через интервалы	54	85	22	55
3. Выравнивание термокарстового микрорельефа бульдозером	58	67	24	32

Рассматриваемый вариант способа «мерзлотной» мелиорации показал его высокую эффективность по вытаиванию льдистых ММП, что обеспечивает повышение устойчивости агроландшафтов при усилении антропогенного воздействия, например их орошении, или потеплении климата.

В зависимости от мерзлотно-мелиоративных условий участка после окончания основного этапа «мерзлотной» мелиорации продолжительностью 1–2 года ликвидируют временную осушительную сеть путем смещения пластов почвогрунтов обратно в борозды. Следует отметить, что предлагаемый способ прост в использовании и экономичен. Так, материальные затраты на его осуществление немногим больше половины стоимости традиционной вспашки болотно-кустарниковым плугом.

Кроме опытных работ, минимально необходимую глубину можно определить аналитическим путем. Ниже рассмотрим ее определение более подробно.

Считаем, что вытаиванием льдистых пород на минимально необходимую глубину (Н) заканчивается основной этап подготовки территории. После возвращения пластов почвогрунтов обратно в борозды и выравнивания остаточного микрорельефа толщина теплоизолирую-

щего слоя (ξ) должна быть не менее величины сезонного протаивания (h_2) в расчетные по теплообеспеченности годы (рис. 1). При усилении техногенного и (или) глобального климатического воздействия устойчивость мерзлотных агроландшафтов может быть обеспечена при условии, чтобы наибольшее сезонное оттаивание (9) в расчетные по теплообеспеченности годы не достигало поверхности сильно льдистых ММП (10).

В результате изменения условий теплообмена в почвогрунтах агроландшафтов происходит таяние льдистых ММП, приводящее к формированию на поверхности участка термодросадочных образований, выравнивание которых может активизировать термокарстовые процессы в местах срезания почвенного слоя, т. е. на положительных элементах микрорельефа. Таким образом, для оценки устойчивости агроландшафтов при техногенных или климатических воздействиях необходимо вытаять льдистые ММП на минимально необходимую глубину, достаточную для стабилизации поверхности после выравнивания термокарстового микрорельефа. Минимально необходимая глубина вытаявания льдистых ММП на агроландшафтах может быть определена по следующей формуле:

$$H = \xi_1 \frac{1}{2} \left(\xi_{\text{л}} - h_{\text{л}} \frac{r_{1\text{СК}}}{r_{2\text{СК}}} \right) \frac{S_{\text{л}}}{S_{\text{пол}}} + \frac{\left[\xi_{\text{пол}} - h_{\text{пол}} \frac{r_{1\text{СК}}}{r_{2\text{СК}}} + \frac{1}{2} \left(\xi_{\text{л}} - h_{\text{л}} \frac{r_{1\text{СК}}}{r_{2\text{СК}}} \right) \frac{S_{\text{л}}}{S_{\text{пол}}} \right] \delta}{1 - \delta}, \text{ F}$$

где H – глубина вытаявания льда (сильно льдистых грунтов), при которой мощность теплоизолирующего слоя после планировки (засыпки) будет достаточной для предотвращения их таяния;

$H_{\text{л}}$ – глубина залегания льдистых многолетнемерзлых грунтов;

$\xi_{\text{л}}$ и $\xi_{\text{п}}$ – мощность теплоизолирующего слоя над ледяными жилами, линзами и окружающими их многолетнемерзлыми грунтами, равная нормативной глубине сезонного протаивания в годы с расчетной теплообеспеченностью;

δ – относительная тепловая просадочность окружающих подземные льды (сильно льдистых ММП) грунтов;

p – относительная площадь ледяных тел (сильно льдистых грунтов) или термокарстовых понижений в результате их вытаявания.

Реализация данного способа повышения устойчивости агроландшафтов позволит с минимальными материальными затратами эффективно трансформировать заболоченные низкопродуктивные сельскохозяйственные угодья с термокарстовым микрорельефом в устойчивые и агроландшафты с более высокими показателями плодородия почв. Для повышения эффективности предложенного способа «мерзлотной» мелиорации в различных районах криолитозоны необходимо определить расчетным или опытным путем оптимальную глубину борозд и продолжительность периода специфического парования.

Литература

1. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. – М: Недра, 1989. – 516 с.
2. Ухов Н. В. Геоэкологические особенности формирования почвогрунтового комплекса в долинах рек межгорных впадин Северо-Востока // Материалы XI сессии Северо-Восточного отделения ВМО «Региональная научно-практическая конференция, посв. 100-летию со дня рождения Ю. А. Билибина» (Магадан, 16–18 мая 2001 г.). – Магадан: СВКНИИ, 2001. – Т. 3. – С. 147–149.
3. Ухов Н. В. Ресурсосберегающие технологии мелиорации земель на Крайнем Северо-Востоке России // Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологические системы сельскохозяйственного производства : сб. научн. тр. ФГБОУ ВПО РГАТУ / под ред. Н. В. Бышова. – Вып. 10. – Рязань, 2013. – С. 235–240.
4. Ухов Н. В. Тепловые мелиорации мерзлотных почв Северо-Востока России: состояние и перспективы // Там же. – Вып. 12. – Рязань, 2016. – С. 231–236.
5. Величко А. А., Нечасов В. П. К оценке динамики зоны многолетней мерзлоты Северной Евразии при глобальном потеплении климата // ДАН. – 1992. – Т. 324. – № 3. – С. 667–671.
6. Анисимов О. А., Лавров С. А., Глобальное потепление и таяние вечной мерзлоты: оценка рисков для производственных объектов ТЭК // Технологии ТЭК. – 2004. – № 3. – С. 78–83.

7. Самохвалов В. Л., Ухов Н. В. Температурные условия в малых водотоках бассейна Верхней Колымы на примере ручья Талок // Глобальные климатические процессы и их влияние на экосистемы арктических и субарктических регионов : тез. докл. Междунар. науч. конф. (Мурманск, 9–11 нояб. 2011 г.). – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. – С. 174–175.

8. Засыпкина И. А., Самохвалов В. Л., Ухов Н. В. Гидрологические и температурные условия в руч. Талок (Верхняя Колыма) в связи с изменением климата // Успехи современной науки и образования. – 2016. – Т. 7. – № 11. – С. 118–120.

9. Авт. свид. СССР № 1577412. Способ оценки мелиоративного состояния в зоне многолетней мерзлоты и устройстве для его существования / Ухов Н. В., Торопов Ю. А. – Заявка 437721/30-15. Приоритет 11.02.88. Оpubл. 11.02.88.

УДК 631.61:633.2

ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНОГО ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЛУГОВ

М. Г. Юркевич, В. А. Сидорова,

Институт биологии Карельского научного центра РАН,

г. Петрозаводск, Российская Федерация

В Республике Карелия практически все луга (за исключением небольшой части приморских лугов вдоль побережья Белого моря) имеют вторичное происхождение и представляют собой традиционные сельские биотопы, т. е. образуемые в результате традиционных методов ведения сельского хозяйства: сенокосения и выпаса. Изменения в укладе жизни населения, произошедшие в XX–XI веке не могли не отразиться на луговых экосистемах.

Мелиоративные мероприятия на территории республики, проведенные в 80-е годы прошлого века, оказывают заметное влияние на почвенный и растительный покров осушенных территорий. В настоящее время на большей части сельскохозяйственных площадей мелиоративные системы не функционируют. Если в 90-х годах прошлого столетия площадь лугов на мелиорированных землях составляла более 127 тыс. га, то за последние 20–30 лет площади сократились практически в два раза – до 71,3 тыс. га. [1, 2]. Такие территории подвержены довольно динамичному процессу вторичного заболачивания, который сопровождается как сукцессионной сменой растительного покрова, так и существенной трансформацией почв. Вопросы оценки влияния на луговые сообщества режима использования рассматриваются в ряде работ [3, 4, 5]. Рядом авторов выявлены закономерности формирования и антропогенной динамики лугов с различным гидрологическим режимом в зависимости от характера их использования: сенокосы, пастбища, неиспользуемые угодья [6, 7].

С целью оценки динамики постантропогенных почв и биогенезов на стадии вторичного заболачивания нами были продолжены исследования серии осушенных мезотрофных болот, в которых процессы вторичного заболачивания начались в разное время. Были также исследованы материковые синатропные луга, мелиорированные в 50-е годы прошлого века. В настоящее время эти территории используются лишь частично, имеется большое количество заброшенных участков, что представляет интерес для анализа хода сукцессий растительности и почвенного покрова. Изучение лугов каждого периода вторичного заболачивания проводили на разных объектах, чтобы усреднить эффект локальных микроклиматических условий.

Экспедиционные работы преимущественно проводили в среднетаежной подзоне Карелии. Нами проведены мониторинговые полевые исследования видового состава выведенных из лугопастбищного оборота мелиорированных сеяных лугов, в которых процессы постантропогенной сукцессии начались в разное время. В ходе исследований было обследовано более 380 га, при этом заложено более 100 площадок геоботанического описания и учета продуктивности.

Изучение почвенного покрова проводили по стандартным методикам описания макро- и мезоморфологического строения почвенного профиля. В последние годы для характери-

стики антропогенных сукцессий луговой растительности используется подход Браун – Бланке [8, 9]. Описание растительности на всех участках было проведено по системе Браун – Бланке. При описании растительности в Пряжинском районе дополнительно был использован весовой метод определения ботанического состава травостоя, разработанный во ВНИИ-кормов [10]. Для характеристики влияния почвенных свойств на структуру и функционирование фитоценозов были сделаны описания почвенного профиля исследуемых участков и отобраны образцы почв из верхних горизонтов (0–30 см). Анализы почвы выполнены по принятым в РФ методикам [11].

В результате исследований установлено, что в антропогенно нарушенных ландшафтах происходит существенная трансформация почв. Вторичное заболачивание на исследуемых территориях находится в начальной стадии. В то же время очевидно, что на всех изученных участках растительные сообщества подвержены эндозоогенетическим сукцессиям.

По итогам мониторинга участка на торфоземе агроминеральном установлено, что за последние 40 лет общая мощность торфяной залежи уменьшилась с 250 см (1974 г.) до 224 см (2017 г.). В морфологическом строении почвенного профиля в связи с отсутствием обработки почвы выделился горизонт Ad (растительная дернина). В верхнем торфяном горизонте A (до 15 см) появились признаки оструктуренности, мощность горизонта уменьшилась на 13 см. При этом в нижележащих слоях нет существенных, видимых изменений в мощности; начиная с глубины 15 см (T_2) отмечается увеличение плотности торфа.

Исследуемый мелиорированный участок в 2000 г. был засеян моновидовым посевом *Phleumpretense* L. В течение двух лет после залужения степень мозаичности травостоя на участке была высокой. Часть парцелл травостоя была расположена в понижении, их возникновение обусловлено неравномерной осадкой торфа, происхождение остальных парцелл, за исключением нормального травостоя, вызвано, главным образом, неравномерным разбросом удобрений. Фактический урожай посева составил 2,90 т/га [12].

В связи с отсутствием антропогенного воздействия на луг в течение последних 10–15 лет видовой состав растительного сообщества значительно изменился. Ранее указанные причины мозаичности травостоя (неравномерная осадка торфа и неравномерный разброс удобрений) оказали существенное влияние на формирование травостоя луга. На участке, где ранее производилось внесение минеральных удобрений, появился дернистощучник влажноразнотравный с высокой степенью мозаичности и крайне низкой урожайностью травостоя (0,9 т/га). На участке, где ранее производилось совместное внесение органических и минеральных удобрений, сформировался пырейный травостой с небольшими куртинами *Urtica dioica* L., и *Phalaroides arundinacea* L. со средней урожайностью (3,7 т/га).

На агро-торфяно-глееземах в связи с изменением гидрологического режима, вызванного разрушением мелиоративной сети, высока степень закокоченности лугов, доминантами являются представители гигромезофильной растительности (роды *Juncus*, *Carex* и *Deschampsia cespitosa* L.). На участках с торфяно-эуτροφной средней и маломощной почвой наблюдается биогенетическая сукцессия, вызванная «временными» лесообразующими породами *Betula pendula* Roth, *Pinus sylvestris* L. и *Populus tremula* L. На луговой части участков доминируют плотнокустовые злаки, образующие плотные кочки, вследствие чего эксплуатация лугов в сельскохозяйственных целях в настоящее время затруднена. Совокупность данных факторов делает участки непригодными к использованию в сельском хозяйстве без изменения системы коренного улушения.

На агроземах отмечена высокая степень устойчивости фитоценозов, вызванная, с одной стороны, постоянной антропогенной нагрузкой различной степени, с другой – в связи сложным рельефом местности отсутствуют условия для заболачивания территории. В растительных сообществах преобладают представители мезофильной травянистой растительности (*Dactylis glomerata* L. и *Alopecurus pratensis* L., *Agrostis canina* L., *Trifolium pratense* L. и *Festuca pratensis* Huds. Средняя продуктивность участков 8–9,5 т/га зеленой массы).

В результате проведенных исследований был составлен прогноз постантропогенных растительных сукцессий. Установлено, что первичная стадия восстановительной сукцессии (от 3 до 5–6 лет) характеризуется невысоким видовым разнообразием агроценозов. Вместе с

тем они имеют высокую продуктивность (4–8 т/га с. в.), что позволяет быстро и без дополнительных затрат вернуть данные луга в сферу хозяйственного использования.

При более длительном сроке постантропогенного восстановления (5–10 лет), развитие биологического разнообразия растительности, связано не только с отсутствием влияния хозяйственной деятельности человека, но и с почвенно-климатическими условиями. Установлено, что на торфяных почвах происходит вторичное заболачивание территории и, как следствие, появляются гидрофитные растения, на дерново-подзолистых почвах развивается суходольный луг с соответствующей растительностью.

Регрессивные изменения видового состава луговых фитоценозов, в частности зарастание древесно-кустарниковой растительностью и локальное вымирание луговой флоры, сформировавшейся на почвах с гипертрофированным водным режимом, возможное на начальном этапе сукцессии, на автоморфных почвах может проявиться спустя 20 и более лет.

Таким образом, разрушение мелиоративной системы вследствие изменения гидрологического режима территории приводит к возникновению различных сукцессий и не позволяет использовать угодья в сельском хозяйстве.

Исследования были выполнены в рамках государственного задания (тема № 0221-2015-0006).

Литература

1. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2011 г. / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия ; по ред. А. Н. Громцева [и др.]. – Петрозаводск: Карелия, 2012. – 294 с.
2. Знаменский С. Р. Луга. Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. – С. 76–82.
3. Шушпанникова Г. С. Формирование и деградация лугов под влиянием сенокосения и выпаса в поймах рек Вычегды и Печоры // Экология. – 2014. – № 1. – С. 40–44.
4. Горчаковский П. Л. Антропогенная трансформация и восстановление продуктивности луговых фитоценозов. – Екатеринбург: Екатеринбург, 1999. – 156 с.
5. Горчаковский П. Л., Абрамчук А. В. Формирование и деградация суходольных лугов под влиянием сенокосения и выпаса // Экология. – 1993. – № 4. – С. 3–12.
6. Ларионова Н. П., Юркевич М. Г. Продуктивность луговых агроценозов на торфяных почвах Южной Карелии // Земледелие. – 2004. – № 4. – С. 17–19.
7. Кокорина Н. В. Оценка биоразнообразия пойменных фитоценозов // Вестник Югорского государственного университета. – 2009. – № 3 (14). – С. 44–51.
8. Миркин Б. М., Соломещ А. И., Хазиахметов Р. М. Рудеральные сообщества как источник растительных ресурсов // Растительные ресурсы. – 1988. – Вып. 2. – С. 167–176.
9. Raabe U., Brandes D. Flora und Vegetation der Dürfer im nordöstlichen Burgenland // Phytocoenologia. – 1988. – V. 16. – № 2. – P. 225–258.
10. Методика опытных работ на сенокосах и пастбищах / ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. – М., 1961. – 287 с.
11. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
12. Отчет лаборатории экологии и географии почв / ИБ КарНЦ РАН. – Петрозаводск, 2005. – С. 183–190.

3. ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 627.8.03

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПРУДОВ-НАКОПИТЕЛЕЙ И ПРУДОВ-ИСПАРИТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ ОАО «КАУСТИК» В ВОЛГОГРАДЕ

О. В. Атаманова, М. В. Карев,

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.,
Российская Федерация*

Предприятие ОАО «Каустик» расположено на территории г. Волгограда, в северной его части. Предприятие специализируется на производстве каустической соды и других мыло-моющих изделиях. В состав ОАО «Каустик» входят специально запроектированные и построенные в начале 70-х годов прошлого века гидротехнические сооружения биологической доочистки цеха № 40: пруды-накопители и пруды-испарители.

Пруд-накопитель образован дамбой обвалования из суглинистых грунтов с заложением откосов (1:8) – (1:6). Для предотвращения фильтрации в теле дамбы заложен противофильтрационный зуб из «шоколадных» глин, врезанный в основание на 0,8 м. Основанием дамбы и дном пруда-накопителя являются мощные отложения водоупорных «шоколадных» глин толщиной более 2 м [1].

Периметр ограждающей дамбы пруда-накопителя составляет 13 420 м, вместимость 22 000 000 м³, площадь зеркала воды (полезная площадь) 8,26 км². Разделительная дамба длиной 1920 м делит пруд-накопитель на две секции: № 1 и 2.

Секция № 1 пруда-накопителя имеет полезную площадь 6,15 км², вместимость 14 200 000 м³, максимально допустимый уровень воды 15,5 м.

Секция № 2 пруда-накопителя имеет полезную площадь 2,11 км², вместимость 7 800 000 м³, максимально допустимый уровень воды 15,5 м.

Секция № 1 пруда-накопителя предназначена для приема (сбора) и естественной биологической доочистки направляемой биологически очищенной воды после биологических очистных сооружений с последующей откачкой ее на пруд-испаритель и характеризуется наличием соответствующего водного режима, поддерживаемого поступающей биологически очищенной водой.

Секция № 2 пруда-накопителя предназначена для приема (сбора) биологически очищенной воды с целью поддержания необходимого уровня защитного водного слоя, для приема (сбора) и естественной биохимической доочистки промышленных (химзагрязненных) сточных вод, включая сточные воды производства хлора и каустика, сточные воды биологических очистных сооружений (БОС или централизованной системы водоотведения – ЦСВ), а также для централизованного сбора, утилизации (использования), обезвреживания и размещения (хранения, захоронения) отходов производства и потребления в соответствии с видами отходов и видами деятельности, указанными в соответствующей Лицензии на лицензируемые виды деятельности по обращению с отходами.

Пруды-испарители состоят из пяти секций, разделенных дамбами. Общая площадь поверхности прудов-испарителей составляет 62,85 км² и рассчитана на испарение 36 000 000 м³/год биологически очищенной воды при многолетней величине слоя испарения с водной поверхности высотой, равной 0,592 м. Пруды-испарители служат для сбора и испарения биологически очищенной воды, подаваемой из секции № 1 пруда-накопителя, и характеризуются наличием соответствующего водного режима, поддерживаемого поступающей биологически очищенной водой.

Коллектив ученых НОЦ «Промышленная экология» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю. А. начиная с 2015 г. [2] осуществляет регулярный мониторинг состояния прудов-накопителей и прудов-испарителей ОАО «Каустик».

Ученые-экологи следят за изменением качества воды в водоемах для оценки влияния ее на флору и фауну Волгоградской области в районе исследуемых гидротехнических сооружений.

Исследование проб воды для определения качества проходило в прудах (испаритель, накопитель) ОАО «Каустик» г. Волгограда и включало в себя следующее. Проба № 1 взята на выходе из пруда-накопителя сточных вод ОАО «Каустик» в пруд-испаритель (секция 2) 10.05.2016 в 13:00. Проба № 2 взята на выходе из вторичных отстойников после биологической очистки в пруд-накопитель ОАО «Каустик» 10.05.2016 в 15:00. Результаты исследований приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Значения измеряемых параметров качества воды в исследуемых водоемах

Показатель	Значение показателя		ПДК рыбохоз., приказ от 18.01.2010 № 20 и СанПиН 2.1.5.980-00	ПДК хоз.-быт. и культ.-быт. водоснабж. (ГН 2.1.5.1315-03 с изменениями ГН 2.1.5.2280-07)
	Проба 1	Проба 2		
Запах при 20 °С, балл	1,00	1,00	2 хоз. шт.	2
Запах при 60 °С, балл	2,03	2,03	2 хоз. шт.	2
Цветность, град	31,00	29,00	20	20
Мутность, мг/л	5,3	4,8	1,5	500
Жёсткость, мг-экв./л	7,00	6,4	7 хоз. шт.	7
pH	7,8	7,5	6,5–8,5	6–9
Хлориды, мг/л	550,46	395,9	300	350
Сульфаты, мг/л	768,01	576,00	100	500
Нитриты, мг/л	1,95	0,0042	0,08	3,3
Нитраты, мг/л	2,41	7,8	40	45
Железо общее, мг/л	3,1	1,00	0,1	0,3
Медь, мг/л	0,053	0,027	0,001	1
Свинец, мг/л	0,0048	0,0005	0,1	0,03
Цинк, мг/л	0,003	0,007	0,01	1
Нефтепродукты, мг/л	0,024	0,017	0,05	0,3
Аммоний, мг/л	0,1	0,54	0,5	2
Сухой остаток, мг/л	923	827	1000 хоз. шт.	1000
Кадмий, мг/л	0,0	0,0	0,005	0,001
Фенол, мг/л	0,017	0,021	0,001	0,001
ХПК, мг/л	28,01	25,0	5 хоз. шт.	30
ОМЧ, КОЕ мг/л,	1658	1875	500 КОЕ/100мл	500 КОЕ/100мл
ТБК, БОЕ, мг/л	177	188	10	10 БОЕ/100 мл

Таблица 2. Результаты исследований проб воды

№ пробы, название пробы	Время от начала биотестирования, часы	Степень разбавления тестируемой пробы, раз	Оптическая плотность, среднее значение	Отклонение от контроля, %	Оценка качества пробы; оказывает / не оказывает острое токсическое действие
Проба № 1					
Контроль	22	-	0,211	0	не оказывает
	22	1	0,218	-3,3	
	22	3	0,200	5,2	
	22	9	0,174	17,5	
	22	27	0,180	14,7	
	22	81	0,220	-4,3	
Проба № 2					
Контроль	22	-	0,210	0	не оказывает
	22	1	0,171	18,6	
	22	3	0,184	12,4	
	22	9	0,199	5,2	
	22	27	0,203	3,3	
	22	81	0,205	2,4	

Следующее исследование проб воды для определения качества проходило в прудах (испаритель, накопитель) ОАО «Каустик» г. Волгограда осенью 2016 г. Проба № 1 взята на выходе из пруда-накопителя сточных вод ОАО «Каустик» в пруд-испаритель (секция 2) 12.10.2016 в 13:20. Проба № 2 взята на выходе из вторичных отстойников после биологической очистки в пруд-накопитель ОАО «Каустик» 12.10.2016 в 15:40.

Таблица 3. Значения измеряемых параметров качества воды в исследуемых водоемах

Показатель	Значение показателя		ПДК рыбохоз., приказ от 18.01.2010 № 20 и СанПиН 2.1.5.980-00	ПДК хоз-быт. И культ.-быт. водоснабж. (ГН 2.1.5.1315-03 с изменениями ГН 2.1.5. 2280-07)
	Проба 1	Проба 2		
Запах при 20 °С, балл	1,00	1,00	2 хоз. шт.	2
Запах при 60 °С, балл	2,05	2,04	2 хоз. шт.	2
Цветность, град	35,00	27,00	20	20
Мутность, мг/л	2,4	1,5	1,5	500
Жёсткость, мг-экв./л	7,02	6,6	7 хоз. шт.	7
pH	7,7	7,4	6,5–8,5	6–9
Хлориды, мг/л	550,48	390,7	300	350
Сульфаты, мг/л	778,01	596,00	100	500
Нитриты, мг/л	1,75	0,0082	0,08	3,3
Нитраты, мг/л	2,31	7,6	40	45
Железо общее, мг/л	3,2	1,02	0,1	0,3
Медь, мг/л	0,073	0,037	0,001	1
Свинец, мг/л	0,0058	0,0015	0,1	0,03
Цинк, мг/л	0,053	0,008	0,01	1
Нефтепродукты, мг/л	0,022	0,016	0,05	0,3
Аммоний, мг/л	0,2	0,74	0,5	2
Сухой остаток, мг/л	933	857	1000 хоз. шт.	1000
Кадмий, мг/л	0,0	0,0	0,005	0,001
Фенол, мг/л	0,027	0,011	0,001	0,001
ХПК, мг/л	28,03	25,3	5 хоз. шт.	30
ОМЧ, КОЕ мг/л,	1668	1775	500 КОЕ/100мл	500 КОЕ/100мл
ТБК, БОЕ, мг/л	147	158	10	10 БОЕ/100 мл

Таблица 4. Результаты исследований проб воды

№ пробы, название пробы	Время от начала биотестирования, часы	Степень разбавления тестируемой пробы, раз	Оптическая плотность, среднее значение	Отклонение от контроля, %	Оценка качества пробы; оказывает / не оказывает острое токсическое действие
Проба № 1					
Контроль	22	-	0,210	0	не оказывает
	22	1	0,217	-3,3	
	22	3	0,200	1,0	
	22	9	0,174	17,1	
	22	27	0,180	14,3	
	22	81	0,220	-4,8	
Проба № 2					
Контроль	22	-	0,208	0	не оказывает
	22	1	0,171	17,8	
	22	3	0,184	11,5	
	22	9	0,199	4,3	
	22	27	0,201	2,4	
	22	81	0,205	1,4	

Следующее исследование проб воды для определения качества воды проходило в прудах (испаритель, накопитель) ОАО «Каустик» г. Волгограда весной текущего года. Проба № 1

производилась на выходе из пруда-накопителя сточных вод ОАО «Каустик» в пруд-испаритель (секция 2) 15.05.2017 в 13:20. Проба № 2 производилась на выходе из вторичных отстойников после биологической очистки в пруд-накопитель ОАО «Каустик» 15.05.2017 в 15:10.

Таблица 5. Значения измеряемых параметров качества воды в исследуемых водоемах

Показатель	Значение показателя		ПДК рыбохоз., приказ от 18.01.2010 № 20 и СанПиН 2.1.5.980-00	ПДК хоз.-быт. и культ.-быт. водоснабж. (ГН 2.1.5.1315-03 с изменениями ГН 2.1.5.2280-07)
	Проба 1	Проба 2		
Запах при 20 °С, балл	1,00	1,00	2 хоз.штг.	2
Запах при 60 °С, балл	2,04	2,05	2 хоз.штг.	2
Цветность, град	33,00	28,00	20	20
Мутность, мг/л	5,5	4,9	1,5	500
Жёсткость, мг-экв./л	7,08	6,2	7 хоз.штг.	7
рН	7,7	7,4	6,5-8,5	6-9
Хлориды, мг/л	552,46	394,9	300	350
Сульфаты, мг/л	768,01	570,00	100	500
Нитриты, мг/л	1,99	0,0062	0,08	3,3
Нитраты, мг/л	2,51	7,9	40	45
Железо общее, мг/л	3,4	1,00	0,1	0,3
Медь, мг/л	0,053	0,037	0,001	1
Свинец, мг/л	0,0049	0,0006	0,1	0,03
Цинк, мг/л	0,002	0,004	0,01	1
Нефтепродукты, мг/л	0,025	0,015	0,05	0,3
Аммоний, мг/л	0,2	0,58	0,5	2
Сухой остаток, мг/л	933	857	1000 хоз.штг.	1000
Кадмий, мг/л	0,0	0,0	0,005	0,001
Фенол, мг/л	0,027	0,021	0,001	0,001
ХПК, мг/л	29,01	26,0	5 хоз.штг.	30
ОМЧ, КОЕ мг/л,	1678	1895	500 КОЕ/100мл	500 КОЕ/100мл
ТБК, БОЕ, мг/л	178	180	10	10 БОЕ/100 мл

Таблица 6. Результаты исследований проб воды

№ пробы, название пробы	Время от начала биотестирования, часы	Степень разбавления тестируемой пробы, раз	Оптическая плотность, среднее значение	Отклонение от контроля, %	Оценка качества пробы; оказывает/не оказывает острое токсическое действие
Проба № 1					
Контроль	22	-	0,209	0	не оказывает
	22	1	0,227	-8,6	
	22	3	0,201	3,8	
	22	9	0,184	12,0	
	22	27	0,186	11,0	
	22	81	0,230	-10,0	
Проба №2					
Контроль	22	-	0,211	0	не оказывает
	22	1	0,174	17,5	
	22	3	0,174	17,5	
	22	9	0,195	7,6	
	22	27	0,223	5,7	
	22	81	0,202	4,3	

Проведенные исследования выполнены в рамках проекта Госзадание РФ по заявке 5.3922.21017/ПЧ.

Выводы:

1. Проведенный экологический мониторинг качества воды в прудах-накопителях и прудах-испарителях ОАО «Каустик» г. Волгограда показал отсутствие токсического действия сбросных вод на живые организмы и окружающую среду. Однако ряд гидрохимических показателей (хлориды, сульфаты, нитриты, железо, медь, фенол) несколько превышают ПДК_{рыбохоз.}

2. Гидрохимический состав воды в исследуемых искусственных водоемах в зависимости от времени года меняется незначительно.

Литература

1. Атаманова О. В., Щекочихин В. В. Анализ использования водных ресурсов бассейна реки Саратовки // Эволюция научной мысли : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: Аэтерна, 2015. – С. 185–188.

2. Атаманова О. В., Щекочихин В. В. Исследование качества воды в реке Саратовке в Саратовской области // Современные концепции развития науки : сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 1 авг. 2015 г.). – Ч. 2. – Уфа: Аэтерна, 2015. – С. 200–202.

УДК 504.453:628.1

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Л. А. Волкова, Л. Л. Литвиненко,

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,

г. Ровно, Украина

Вода на сегодняшний день является важнейшим стратегическим природным ресурсом. Актуален вопрос не только ее качества, но и количества, даже в тех регионах, которые еще не так давно относились к высокообеспеченным водой. Сегодня существует огромная проблема водообеспечения ресурсов как для хозяйственно-питьевых нужд, так и для промышленного водоснабжения. Увеличение водопотребления соответственно приводит к увеличению объемов сточной воды, которая сбрасывается и в водные объекты. Все это сказывается на состоянии водных объектов, с одной стороны, истощая их, с другой – загрязняя. Вопросы охраны водных объектов и рационального использования воды становятся все более актуальными для сохранения общего природного состояния любого региона.

Для сокращения забора воды из водных объектов возникает необходимость поиска альтернативных источников водоснабжения, которые обеспечат сбалансированное водоснабжение всех существующих потребителей. В условиях изменения климата состояние поверхностных запасов значительно изменяется, что безотлагательно требует внедрения комплекса мероприятий по их регулированию.

Оценка изменения водообеспечения участников водохозяйственного комплекса области изучалась на примере системы водоснабжения одного из ведущих промышленных предприятий Ровенщины, которое, как и любое промышленное предприятие, предъявляет специфические требования к использованию воды. Исследования проводились на предприятии ПАО «Вольнь-цемент». В процессе исследований была создана структурно-логическая модель разработки эколого-экономической оценки природоохранных мероприятий, которая позволяет уточнить балансовую схему водоснабжения и водоотведения как возможную меру по рациональному использованию водных ресурсов и их охране от загрязнения и истощения (рис. 1).

Рассматривалась оборотная система водоснабжения промышленного предприятия, в которой оборотные воды загрязняются и нагреваются, часть их сбрасывается для очистки и охлаждения и снова возвращается в систему. Потерянные в оборотной системе воды (при испарении, разбрызгивании или утечке) необходимо постоянно пополнять. Это обязательно учитывают при составлении балансовой схемы.

В существующей схеме оборотного водоснабжения вода для компенсации потерь в системе водоснабжения предприятия ПАО «Вольный-цемент» используется из поверхностного источника, которым является река Устья (рис. 2).

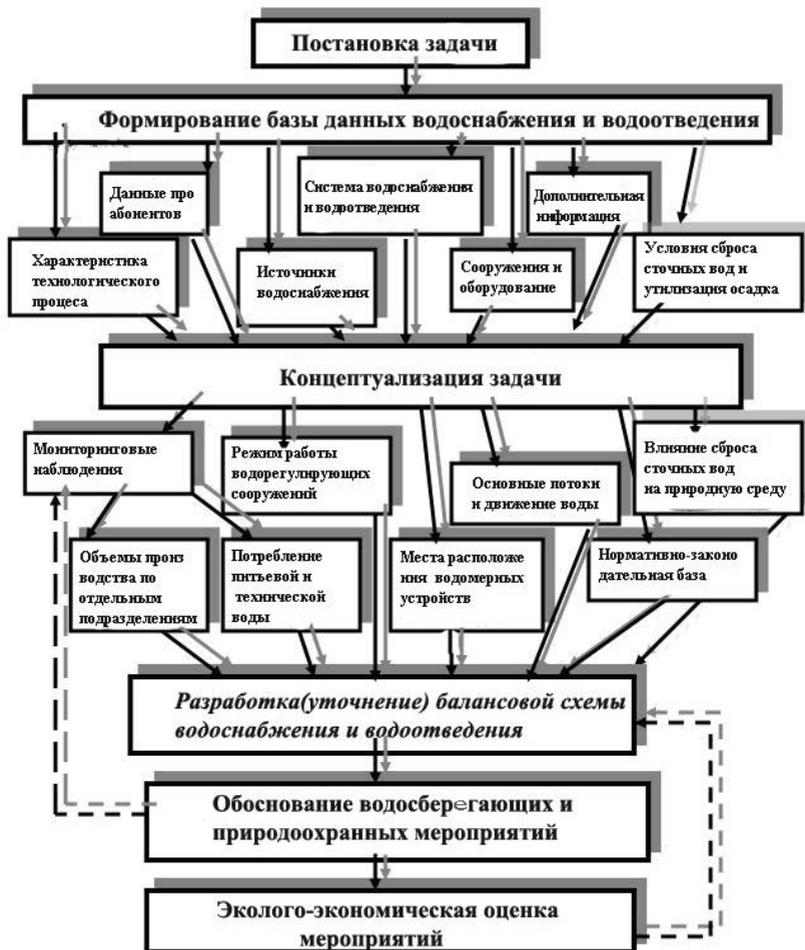


Рис. 1. Структурно-логическая модель разработки эколого-экономической оценки природоохранных мероприятий

Поверхностный сток, который формируется на территории промышленного предприятия, собирают системой ливневой канализации, очищают и, с разрешения на специальное водопользование, сбрасывают по мелиоративному каналу в реку. Протекая по каналу, частично очищенный поверхностный сток загрязняется вторично вследствие размыва земляного русла мелиоративного канала и в реку поступает с увеличенным содержанием взвешенных веществ. Исследования показали, что поверхностный сток, который формируется на территории предприятия и отводится в водоприемник (река Устья) является интенсивным фактором антропогенной нагрузки на речную экосистему и требует дополнительной очистки перед сбросом [1]. Для сохранения экосистемы реки Устья от загрязнения были изучены объемы и качество поверхностного стока, формирующегося на территории промышленного предпри-

ятия, рассмотрена возможность использования этих вод как дополнительного источника компенсации потерь оборотной системы водоснабжения [3].

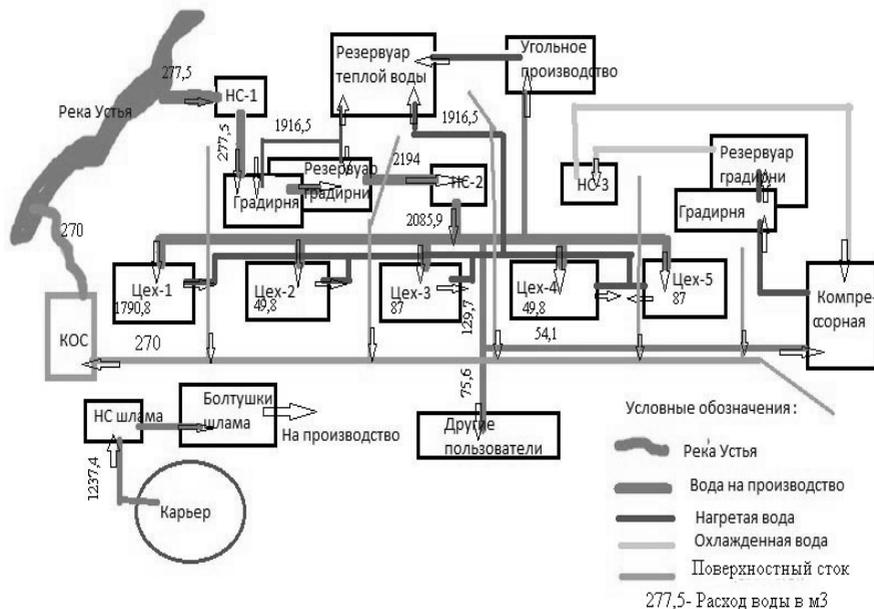


Рис. 2. Существующая балансовая схема водоснабжения и водоотведения предприятия ПАО «Вольный-цемент»

Поверхностный сток на территории предприятия формируется дождевыми и талыми водами. Годовой объем этих вод определяется с учетом общей площади территории предприятия, в том числе площади кровли зданий, асфальтного покрытия, площади газонов и других поверхностей по формуле

$$W = 10 H_m F_{общ} Y_0 + 10 H_x F_{общ} Y_m \quad (1)$$

где: H_m, H_x – соответственно среднегодовой слой осадков (за теплый – 569 мм и холодный – 143 мм период года); $F_{общ}$ – общая площадь, га; Y_0, Y_x – коэффициенты стока для дождевых и талых вод соответственно.

На основании оценочных расчетов установлено, что в среднем в течение года на площади промышленного предприятия формируется до 100 тыс. м³ воды. Эти объемы можно использовать как дополнительный источник по отношению к реке.

Сравнение фактического использования технической воды и альтернативного источника (поверхностного стока) показало, что возможная экономия воды, забираемой из реки, составляет до 30 % (рис. 3).

Исходя из этого была предложена схема использования поверхностного стока, которая предполагает сбор через сеть дождевой канализации (системой коллекторов и дождеприемников); очистку его на канализационных очистных сооружениях и вовлечение в систему оборотного водоснабжения предприятия (рис. 4).

Канализационные очистные сооружения (КОС) обеспечивают частичную очистку в отстойниках у соответствующих цехов, то есть удаление оседающих и всплывающих примесей и органических веществ. Затем двумя коллекторами дождевой канализации воды поступают в приемную камеру для накопления поверхностного стока, после которой он поступает в горизонтальную песколовку, далее в регулятор-отстойник и биоплато гидропонного типа.

Согласно предложенной схеме предусмотрено не сбрасывать очищенные воды в реку, а накапливать в сборных емкостях и при необходимости перекачивать в резервуары градирен, восполняя им потери воды в оборотной системе.

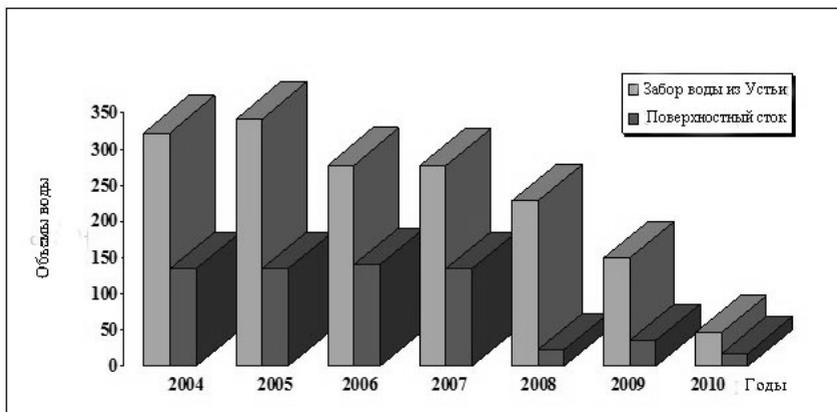


Рис. 3. Сравнительный анализ объемов воды, забираемой из реки Устья с количеством поверхностного стока

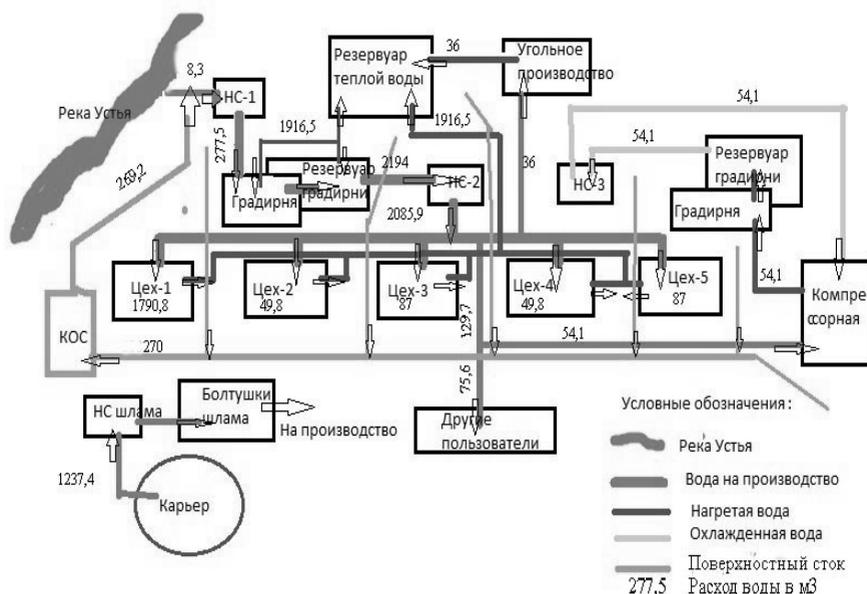


Рис. 4. Предлагаемая схема использования поверхностного стока в системе оборотного водоснабжения

Таким образом, возможность использования поверхностного стока не только была обоснована по количественным показателям, но и проверена путем сравнения показателей качества воды реки Устья и качества вод поверхностного стока после очистки за все годы наблюдений. Качество вод поверхностного стока после очистных сооружений для подающего числа показателей лучше, чем фоновые значения в реке [2].

Проведенные исследования на примере промышленного предприятия г. Ровно доказали возможность использования поверхностного стока, формирующегося на территории промышленного предприятия, для пополнения системы оборотного водоснабжения. Такой вариант использования альтернативного источника водоснабжения позволяет решать одновременно несколько проблем: обеспечить пополнение системы оборотного водоснабжения предприятия, улучшить эксплуатацию оборотной системы, понизить антропогенную нагрузку на бассейн реки Устья за счет уменьшения сброса загрязненных поверхностных вод с территории предприятия и уменьшения забора воды из реки.

Литература

3. Волкова Л.А., Орлов В.О. Екологічні аспекти використання поверхневих вод Західного полісся // Экосистемы, их оптимизация и охрана. Науч. журнал. – Вып. 6 (25). – Симферополь: ТНУ, 2012. – С. 242–250.

4. Орлов В. О., Волкова Л. А., Литвиненко Л. Л. Відновлення екологічного стану р.Устя шляхом залучення до використання зливових вод, Комунальне господарство міст // Науково-технічний збірник. – Вип. 105. – Сер. «Технічні науки та архітектура». – Харків: Харківська націон. академія міського господарства, 2012. – С. 287–294.

УДК 342.72/73

ВОПРОСЫ ЗАЩИТЫ ПРАВА ГРАЖДАН НА БЛАГОПРИЯТНУЮ ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА ПРИМЕРЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Воршьева, В. Д. Блиникова, А. Л. Кауфман,

*Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева,
Российская Федерация*

Согласно Конституции Российской Федерации (глава 2, статья 42) каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу, экологическим правонарушением, а также (глава 2, статья 58) каждый гражданин обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам [1].

Актуальность темы в значительной степени обусловлена тем, что в связи с увеличением техногенной нагрузки на окружающую среду в последние годы в нашей стране все больше внимания уделяется проблеме загрязнения природных вод, которая в настоящее время стоит очень остро. Традиционно вода родников считается очень чистой, поэтому многие люди предпочитают ее водопроводной воде. Кроме этого, родники являются резервными источниками водоснабжения на случай аварии на водопроводной сети. По этим причинам возникает необходимость контроля качества родниковой воды в эпидемиологических и санитарных целях.

Очень часто родники используются в качестве объектов исследования в связи с их исключительной чувствительностью к возникновению негативных факторов. Вместе с тем за последнее время анализ санитарно-эпидемиологического благополучия водных ресурсов на территории Московской области, включая родниковые воды, показывает их ненадлежащее состояние, что представляет угрозу жизни и здоровья населению, проживающему на территории данного субъекта РФ [4].

Целью работы стало выяснить – реализуются ли права и свободы человека и гражданина, установленные Конституцией РФ и касающиеся взаимодействия человека и окружающей среды, на примере водных ресурсов Московской области.

В ходе выполнения работы на базе РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева был проведен химический анализ проб родниковых вод Московской области (Пушкинского, Талдомского и Дмитровского районов), т. е. водных ресурсов, рассматриваемых как источник чис-

той питьевой воды. Во всех пробах были обнаружены токсичные элементы, содержание которых превышает уровень ПДК, что говорит об их загрязнении [2].

По результатам химического анализа родниковых вод Московской области мы можем говорить о нарушении права человека на благоприятную окружающую среду. В свою очередь, человек сам ухудшает экологическую обстановку местности, где живет. Все загрязнения возникли в результате деятельности человека, что является нарушением статьи 58 (глава 2) Конституции РФ, а именно положения о том, что каждый гражданин обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам. Одновременно с этим необходимо ужесточить административную ответственность граждан и организаций за загрязнение территорий, отрицательным образом влияющих на качество родниковых вод.

Так, на наш взгляд, необходимо использовать положительный опыт Правительства Москвы, которым принято постановление от 3 мая 2000 г. № 399 «О сохранении, обустройстве и использовании природных родников на территории города Москвы», утвердившее Положение о родниках города Москвы – памятниках природы регионального значения, и принять на региональном уровне соответствующие нормативные правовые акты.

Решение данных вопросов жизненно важно для реализации прав граждан на благоприятную окружающую среду в соответствии со ст. 42 Конституции РФ.

Литература

1. Конституция Российской Федерации // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2014. – № 31. – Ст. 4398.
2. ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества.
3. Федосеенко М. В., Громова О. А., Волков А. Ю. Значение и роль микроэлементов в физиологии и патологии человека. – Иваново, 2004.
4. <http://my.mosreg.ru/map/#246> (дата обращения : 12.05.2015)

УДК 620.9:631.6:626.8

ИСПАРЕНИЕ МИНЕРАЛИЗОВАННОГО ДРЕНАЖНОГО СТОКА С ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

И. И. Конторович,

*Волгоградский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
Российская Федерация*

Согласно литературным данным [1] при отсутствии возможности использования дренажного стока с орошаемых земель и сброса его в существующие водоприемники необходимо предусматривать устройство специальных сооружений для аккумуляции и естественного испарения дренажных вод.

В качестве одного из возможных вариантов конструкции накопителя-испарителя нового типа предлагается техническое решение, защищенное патентом № 2527041 [2].

Принципиальная схема конструкции накопителя-испарителя минерализованного дренажного стока приведена на рисунке 1, а ее детали показаны на рисунках 2–4.

Накопитель-испаритель минерализованного дренажного стока гидромелиоративных систем (рис. 1) содержит подводящий канал 1 с перегораживающим 2 и входным 3 регулирующими сооружениями, гидравлически связанные с подводящим каналом 1 отсек 4 интенсифицированного испарения минерализованного дренажного стока, отсек 5 для сбора, хранения и естественного испарения части дренажного стока из канала 1, не поступающего в отсек 4 после его периодического заполнения, сбросную сеть 6 в виде канала и/или трубопровода, гидравлически связанную на входе водовыпускным регулирующим сооружением 7 с отсеком 4 интенсифицированного испарения, а на выходе – с отсеком 5.

Подводящий канал 1 занимает командное положение по отношению к отсекам 4 и 5 накопителя-испарителя (рис. 1).

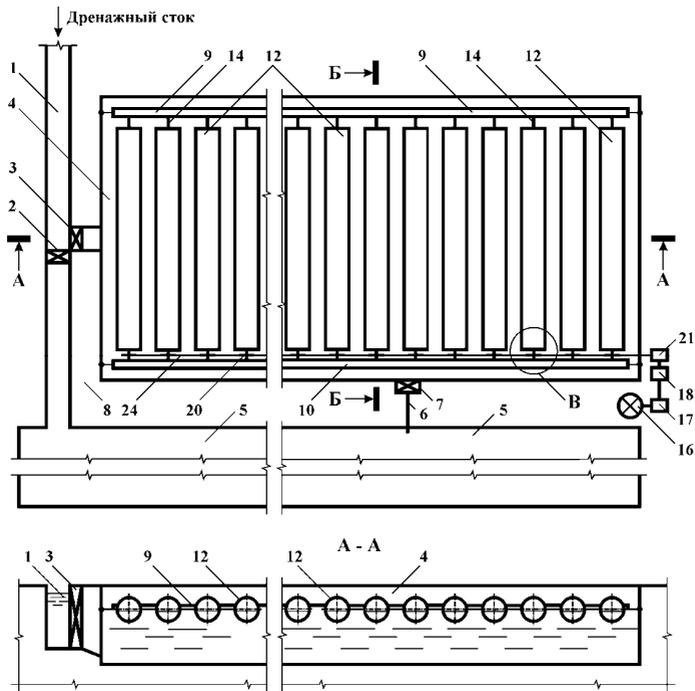


Рис. 1. Принципиальная схема конструкции накопителя-испарителя минерализованного дренажного стока, вид в плане, разрез по А – А

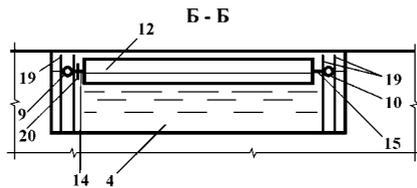


Рис. 2. Разрез по Б – Б на рисунке 1

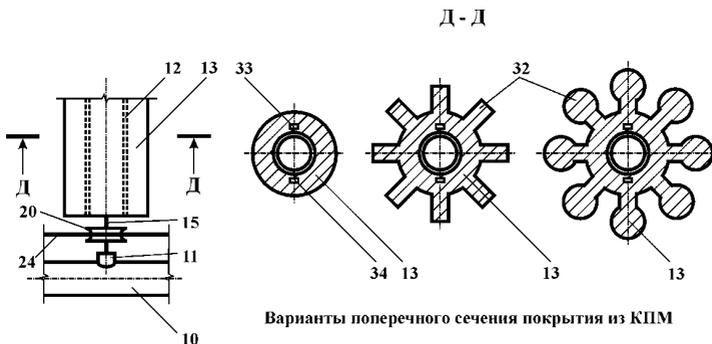


Рис. 3. Узел В на рисунке 1, вид в плане и разрез Д – Д

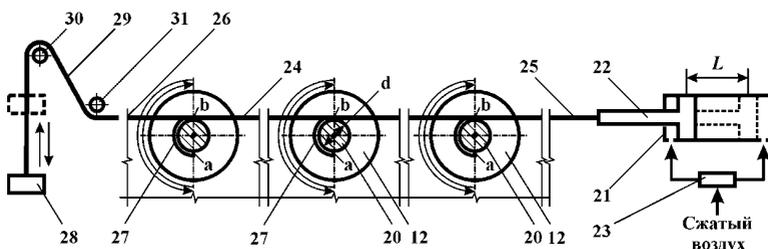


Рис. 4. Кинематическая схема механизма синхронного поворота испарительных цилиндров

Отсеки 4 и 5 размещены на плоской местности и/или местности с односторонним уклоном от отсека 4 к отсеку 5, выполнены в выемке и/или полувыемке-полунасыпи, и/или в пределах дамб обвалования и разделены между собой земляной перемычкой 8, имеют горизонтальное спланированное дно и противодиффузионное покрытие.

Отсек 4 интенсифицированного испарения содержит два герметичных плавающих опорных цилиндра 9 и 10 с равномерно расположенными по длине втулками 11 (рис. 2 и 3). Цилиндры размещены параллельно на водной поверхности отсека 4 вблизи противоположных берегов и ограничены от перемещения в горизонтальной плоскости механизмом фиксации. Герметичные плавающие испарительные цилиндры 12 с покрытием 13 из капиллярно-пористого материала снабжены торцовыми полуосями вращения 14 и 15 и закреплены между опорными цилиндрами 9 и 10 с возможностью вращения вокруг своей горизонтальной оси благодаря тому, что концы их торцевых полуосей вставлены в отверстия втулок 11 опорных цилиндров 9 и 10. Испарительные цилиндры 12 снабжены механизмом их синхронного поворота на 180^0 и обратно, который может быть выполнен с приводом от энергетической установки 16 (например, ветроэнергетической) с компрессором 17 и ресивером 18, контрольно-измерительным комплексом 29 для отслеживания динамики температуры воздуха, воды и капиллярно-пористого материала.

Механизм фиксации от перемещения в горизонтальной плоскости каждого опорного цилиндра 9 и 10 выполнен в виде не менее четырех вертикальных стержней 19 из антикоррозионного материала, которые расположены попарно в пределах концевых частей опорных цилиндров 9, 10 и по их длине. Нижний конец каждого стержня 19 закреплен на дне отсека 4 накопителя-испарителя, а его длина превышает максимальную глубину заполнения отсека 4 на два диаметра опорного цилиндра (рис. 2, разрез Б – Б).

Каждая полуось 15 испарительных цилиндров 12 снабжена неподвижно закрепленным шкивом 20 (рис. 3). Механизм синхронного поворота всех испарительных цилиндров состоит из цилиндра 21 с поршнем 22, приводимым в движение сжатым воздухом от ресивера 18 через золотник 23, электрически связанный с контрольно-измерительным комплексом основной гибкой тяги 24, конец 25 которой соединен со штоком поршня 22, конец 26 связан с механизмом натяжения, а сама тяга 24 кинематически связана с каждым шкивом 20 посредством дополнительного отрезка 27 гибкой тяги, один конец которой закреплен на основной тяге 24 в верхней точке *b* ее контакта с каждым шкивом 20, а второй на каждом шкиве 20, на расстоянии, равном половине окружности внутреннего диаметра шкива – в точке *a* (рис. 4).

Механизм натяжения основной тяги 24 выполнен в виде груза 28 постоянной массы, который размещен на специальной конструкции (не показана) в пределах берега отсека 4 и связан посредством гибкого элемента тяги 29 через шкивы 30 и 31 с основной тягой 24 механизма синхронного поворота испарительных цилиндров 12 (рисунки 2 и 3).

Капиллярно-пористое покрытие 13 каждого испарительного цилиндра 12 имеет форму поперечного сечения в виде полого цилиндра с внутренним диаметром, равным внешнему диаметру испарительного цилиндра 12 или полого цилиндра, дополненного продольными сплошными ребрами 32 с прямоугольным или иным поперечным сечением, равномерно рас-

пределенными по внешней окружности полого цилиндра покрытия 13 в количестве, кратном четырем, или полого цилиндра, дополненного элементами ребер 32, причем поперечное сечение элементов ребер 32 выполнено в виде квадрата, прямоугольника, полого цилиндра и других форм, а общая толщина покрытия 13 незначительно превышает высоту капиллярного подъема воды в материале покрытия (рис. 3).

Контрольно-измерительный комплекс снабжен датчиком температуры воздуха (не показан) на высоте 2 м над водной поверхностью секции 4 интенсифицированного испарения накопителя и не менее чем одной парой датчиков температуры 33 и 34 (рис. 3), размещенных в пределах капиллярно-пористого покрытия 13 одного или более испарительных цилиндров 12, причем один из них, например 33, расположен в верхней надводной части покрытия 13, второй (34) – в нижней подводной части покрытия 13 на расстоянии 0,2 высоты капиллярного подъема воды в материале покрытия от внешнего диаметра испарительного цилиндра 12 по вертикальной оси поперечного сечения. Датчики температуры электрически связаны с блоком контроля, а блок контроля электрически связан с золотником 23 механизма синхронного поворота испарительных цилиндров 12 (рис. 4).

Накопитель-испаритель функционирует следующим образом. В период работы гидромелиоративных систем минерализованный дренажный сток поступает в подводящий канал 1, при этом перегораживающее регулирующее сооружение 2 закрыто, а входное регулирующее сооружение 3 открыто. Через сооружение 3 происходит заполнение отсека 4 интенсифицированного испарения до заданной глубины, при этом водовыпускное регулирующее сооружение 7 закрыто.

После завершения заполнения отсека 4 входное регулирующее сооружение 3 закрывают, а перегораживающее сооружение 2 на канале 1 открывают, минерализованный дренажный сток поступает по каналу 1 в последний отсек 5 накопителя-испарителя, где аккумулируется и подвергается естественному испарению.

В результате заполнения отсека 4 опорные цилиндры 9, 10 и система испарительных цилиндров 12 всплывают. Далее выполняют первый поворот испарительных цилиндров на 180° и обратно с задержкой по времени, достаточной для полного насыщения капиллярно-пористого материала 13 на испарительных цилиндрах водой. При необходимости открывают отверстия (не показаны) в опорных 9, 10 и испарительных 12 цилиндрах и заполняют их водой в объеме, обеспечивающем полупогруженное положение всех цилиндров на водной поверхности отсека 4.

Под воздействием солнечного излучения, ветра и за счет многократного увеличения площади испаряющей поверхности по сравнению с площадью зеркала воды в отсеке 4 происходит интенсифицированное испарение из капиллярно-пористого материала 13 покрытий цилиндров 12, находящихся над водной поверхностью, которое сопровождается извлечением солей из дренажного стока в капиллярно-пористый материал 13 и на его поверхность. В начальный момент испарительного процесса (после перемещения насыщенной водой части покрытия 13 в надводную зону в результате поворота испарительных цилиндров на 180°) показания датчика температуры 33 соответствуют температуре воды. По мере испарения воды из надводной части температура капиллярно-пористого материала 13 будет изменяться в соответствии с балансом двух противоположных процессов: снижаться в связи с затратами энергии на испарение и повышаться в результате прихода энергии солнечного излучения. Возможные траектории изменения температуры капиллярно-пористого материала в зоне датчика 33, расположенного над водой, после первого (t_0) поворота испарительных цилиндров на 180° и обратно и второго (t_1) поворота испарительных цилиндров на 180° , показаны на рисунке 5.

Контрольно-измерительный комплекс, работающий в режиме реального времени, отслеживает динамику изменения температур воздуха и капиллярно-пористого материала (датчик 33). При их равенстве, которое означает: при сложившейся совокупности всех факторов, обуславливающих процесс испарения воды, вся доступная влага из капиллярно-пористого материала, расположенного в надводной части, удалена. Контрольно-измерительный комплекс формирует электрический сигнал и изменяет положение золотника 23. Сжатый воздух

из ресивера 18 поступает в открытую полость пневматического цилиндра 21 и перемещает поршень 22 со штоком, который посредством основной 24 и дополнительных 27 гибких тяг через шкивы 20 обеспечивает синхронный поворот всех испарительных цилиндров 12, что приводит к выходу в надводное пространство новой части насыщенного водой капиллярно-пористого покрытия 13 с датчиком температуры 34, и начинается следующий цикл процесса интенсифицированного испарения.

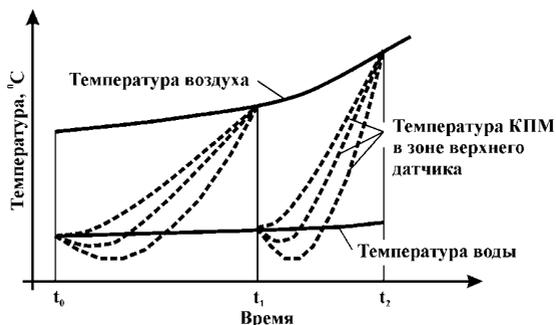


Рис. 5. Возможные траектории изменения температуры капиллярно-пористого материала в зоне датчика, расположенного над водой

В погруженной части капиллярно-пористого покрытия 13 (в результате поворота испарительных цилиндров 12) происходит растворение отложившихся солей и восстановление адсорбирующей емкости данной части покрытия.

Далее описанные выше операции повторяются многократно до достижения заданной минимальной глубины воды в отсеке 4 интенсифицированного испарения. После чего открывают водовыпускное регулирующее сооружение 7 и по трубопроводу 6 осуществляют сброс оставшегося рассола в последний отсек 5 накопителя для естественного испарения. Закрывают водовыпускное регулирующее сооружение 7 и выполняют заполнение отсека 4 интенсифицированного испарения новым объемом минерализованного дренажного стока из подводящего канала 1. В последующем многократно повторяют данный технологический цикл в течение периода работы дренажных систем в году.

Таким образом, предлагаемая конструкция накопителя-испарителя обеспечивает повышение интенсивности испарения минерализованного дренажного стока за счет увеличения площади испаряющей поверхности и периодического восстановления адсорбирующей способности акселераторов испарения в результате их промывки, повышение эффективности и экологической безопасности накопителя-испарителя.

Разработанное техническое решение обладает рядом позитивных свойств, в том числе: использование возобновляемых источников энергии для реализации процесса, совершенная технология очистки капиллярно-пористого материала от солей, использование модульного принципа при создании отсеков интенсифицированного испарения, возможность применения при испарении сточных вод различного генезиса.

Новое техническое решение отвечает требованиям Концепции [3] и войдет в разрабатываемый Волгоградским филиалом ВНИИГиМ банк технологий и технических средств для утилизации дренажного стока на основе каталога [4], что позволит существенно расширить предпроектную ситуацию для выбора конструкций подсистем утилизации дренажных вод (в дополнение к патентам № 2214486, 2357041, 2370511, 2515041, 2527032, 2528006 и др.) и повысит эффективность их функционирования.

Литература

1. Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования. ВСН 33-2.2.03-86. – М.: Минводхоз СССР, 1987. – 115 с.

2. Патент № 2527041. RU. С1. МПК⁶Е02В 11/00, С02F 1/14 (2006.01). Пруд-испаритель минерализованного дренажного стока / Б. М. Кизяев [и др.]. – Заявка № 2013107499; заявлено 21.02.2013. Опубликовано 27.08.2014. Бюл. № 24.

3. Бородычев В. В., Контрович И. И. Концепция использования возобновляемых источников энергии для утилизации минерализованного дренажного стока. – Волгоград: Волг. ГАУ, 2012. – 104 с.

4. Конторович И. И. Каталог перспективных ресурсоэкономичных технологий и технических средств для очистки дренажных и сбросных вод гидромелиоративных систем. – М.: РАСХН, 2007. – 90 с.

УДК 504.53.06:631.6

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Е. Б. Стрельбицкая, А. П. Соломина,

ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,

г. Москва, Российская Федерация

В последние десятилетия в связи с обострением экологической ситуации и введением законодательных и нормативных документов, устанавливающих требования к качеству вод, сбрасываемых в водные экосистемы, возникла необходимость в организации регулярных наблюдений за качеством и количеством дренажно-сбросных (ДСВ) вод с мелиоративных систем.

Мониторинг качественного состава ДСВ в контексте оценки воздействия гидромелиоративных систем на природные водные объекты является первостепенным этапом для разработки приемов регулирования и управления выносом загрязняющих компонентов с мелиорируемых земель и для разработки специальных мероприятий по предотвращению загрязнения природных вод.

Существующая система мониторинга включает в себя наблюдения за уровнем загрязненности поверхностных вод по физическим, химическим, гидрологическим и гидробиологическим показателям в режимных пунктах, а также наблюдения, предназначенные для решения специальных задач. К основным задачам систематических наблюдений относятся обеспечение хозяйственных органов и заинтересованных организаций информацией и прогнозами изменения гидрохимического режима и качества воды водоемов и водотоков, а также экстренной информацией о резких изменениях качества воды. К задачам специальных наблюдений можно отнести оценку выноса химических веществ с дренажными водами гидромелиоративных систем. Мониторинг водохозяйственных систем и сооружений, в том числе мелиоративных систем, а также качества и количества сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, контролируют и координируют бассейновые (территориальные) органы [1].

Наблюдения за показателями дренажного стока на мелиоративных системах РФ в настоящее время проводятся не во всех управлениях мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения из-за отсутствия соответствующих эксплуатационных структур и финансирования данных видов работ. После выхода в свет новой редакции Водного кодекса РФ (2007 г.) для реализации Экологической доктрины РФ, предусматривающей наличие информации о состоянии природной среды и уровня ее загрязнения, возникла необходимость в установлении единого порядка организации и проведения регулярных наблюдений за качественными показателями ДСВ, за стоком и выносом растворенных веществ с мелиорируемых территорий [2, 3].

В основе организации и проведения наблюдений и контроля качества вод (как природных, так и ДСВ) лежат следующие основные принципы [4]:

- а) комплексность и систематичность наблюдений;
- б) согласованность сроков их проведения с характерными фазами гидрологического режима водного объекта;
- в) определение показателей качества воды едиными методами.

Соблюдение этих принципов достигается с помощью:

- установления программ контроля (по физическим, химическим, гидробиологическим и гидрологическим показателям);
- периодичностью проведения контроля;
- выполнением анализа проб воды по единым, обеспечивающим требуемую точность методикам, проведением гидрометрических работ.

В условиях, когда усложняются взаимосвязи и взаимозависимости в техно-природной системе, требуется развитие многообразных структур и методов управления, в том числе в организации и проведении мониторинга [5]. Наблюдения за изменением качества воды проводятся с помощью:

- сети стационарных наблюдений (определяются гидрологические, гидрохимические и гидробиологические показатели по полной или сокращенной схеме); периодичность наблюдений должна обеспечивать необходимую связь между показателями;
- временно-экспедиционных постов и передвижных станций при проведении разовых наблюдений (обследование по интересующим параметрам);
- применения расчетных методов (по мере накопления данных проверяются или устанавливаются связи между параметрами и закономерности их изменения), позволяющих сократить количество определяемых параметров и увеличить интервал между проведением наблюдений.

Количество и схема расположения пунктов наблюдения, частота и методика наблюдений определяются многими природными факторами и антропогенными условиями, поэтому должны устанавливаться индивидуально в каждом конкретном случае. Организация и функционирование наблюдательной сети должны выполняться с соблюдением основных принципов: репрезентативность пунктов наблюдений; единство и сопоставимость методов наблюдений, обработки и обобщения результатов наблюдений; обеспечение достоверности получаемых результатов и доступности информации для пользователей. К общим принципам организации наблюдательной сети относятся получение информации по единым, обеспечивающим требуемую точность и репрезентативность методикам для прогнозирования и принятия управленческих решений.

При организации наблюдений за показателями стока дренажно-сбросных вод пункты наблюдений организуют в районах их организованного сброса на коллекторах, дренах, водоприемниках. Для целей контроля за соблюдением нормативов (лимитов) сброса, учета и расчета массы сброса загрязняющих веществ в составе дренажных вод пробы отбираются из коллекторов. Места отбора проб должны быть максимально приближены к точке сброса [6].

В пунктах наблюдений на водоприемниках организуют несколько створов, местоположение которых устанавливают в соответствии с РД 52.24.309-2011 [4] с учетом: гидрометеорологических и морфометрических особенностей водоема или водотока; расположения источников загрязнения; количества, состава и свойств сбрасываемых сточных вод; интересов водопользователей.

Обычно при наличии организованного сброса сточных вод один створ располагают на 1 км выше сброса (он считается фоновым), другие – ниже, при выборе местоположения которых учитывают особенности смешения сточных и речных вод, т. е. нижний створ располагают, как правило, в зоне практически полного смешения (не менее чем на 80 %) [5]. При организации наблюдений за качественным составом ДСВ один створ на водотоках следует организовывать в устьях коллекторов, дрен при отсутствии организованного сброса сточных вод. На водоемах (водоприемниках) следует организовывать два створа: в 500 м выше и 500 м ниже впадения дренажно-сбросных вод [2]. Сравнение фоновых значений показателей с показателями воды в пробе, отобранной ниже источника загрязнения с учетом времени добегания, позволяет судить о характере и степени загрязненности вод под влиянием источников загрязнения [4].

Получаемые в створах данные должны позволять формировать многолетние ряды контролируемых параметров водных объектов. В этом случае учитывается использование расчетных методов (особенно для не контролируемых постоянными наблюдениями створов), в том числе методов аналогии на фоне районирования территории (например, на основе типизации основных гидрохимических параметров) и условий формирования водных объектов [5].

Состав определяемых гидрохимических и гидрологических показателей воды устанавливается с учетом программы проведения режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши в соответствии с нормативными документами [4].

Проведение мониторинговых исследований должно учитывать:

- специфические загрязняющие вещества, свойственные конкретным видам сточных вод и водным объектам;
- общие для всех водных объектов показатели и показатели, свойственные природным водам.

Перечень наблюдаемых ингредиентов и показатели качества воды определяется главным образом составом и объемом сточных вод, их токсичностью и требованиями, предъявляемыми со стороны потребителей воды. Это обуславливает некоторое различие программ наблюдения для разных пунктов стационарной сети. В соответствии с РД 52.24.309-2011 все пункты стационарной сети наблюдений подразделяют на четыре категории. Пункты наблюдений, расположенные в районах сброса сточных вод, в том числе с орошаемых территорий, относятся к одной из четырех категорий в зависимости от уровня загрязненности воды водоема или водотока в пункте (степень загрязненности воды определяется в соответствии с РД 52.24.643-2002). К 1, 2 и 3 категориям отнесены пункты, расположенные на водных объектах, где сброс сточных вод вызывает соответственно высокую, систематическую среднюю и низкую загрязненность воды. К 4 группе принадлежат пункты сети наблюдений на водных объектах, не подверженных прямому воздействию загрязнений на качество воды.

Периодичность проведения наблюдений, частота отбора проб воды и виды программ устанавливаются в соответствии с категорией пункта (табл. 1).

Таблица 1. Виды программ наблюдений по гидрохимическим показателям и периодичность их проведения [4]

Периодичность проведения наблюдений	Вид программы наблюдений для пункта категории			
	1	2	3	4
Ежедневно	Сокращенная программа № 1	Визуальные наблюдения	-	-
Ежедекадно	Сокращенная программа № 2	Сокращенная программа № 1	-	-
Ежемесячно	Сокращенная программа № 3			-
В основные фазы водного режима	Обязательная программа			

Контроль качества воды по обязательной программе на большинстве водотоков проводят в основные фазы водного режима (как правило, 7 раз в году): во время половодья (на подъеме, пике и спаде); во время летней межени – при наименьшем расходе и при прохождении дождевого паводка; осенью перед ледоставом, во время зимней межени. На водоемах наблюдения по обязательной программе проводят 4 раза в год в сроки, соответствующие следующим гидрологическим ситуациям: зимой при наиболее низком уровне воды и наибольшей толщине льда; в начале весеннего наполнения водоема; в период максимального наполнения; при наиболее низком уровне воды в летне-осенний период.

Обязательная программа наблюдений предусматривает определение следующих гидрохимических показателей (характеристик):

- температура, °С; цветность, град.; прозрачность, см; запах, баллы; рН; окислительно-восстановительный потенциал, мВ; удельная электропроводимость;
- концентрация растворенных в воде газов: кислорода, диоксида углерода, мг/л;
- концентрация взвешенных веществ, мг/л;
- концентрация широко распространенных загрязняющих веществ – соединений тяжелых металлов, нефтепродуктов, летучих фенолов, мг/л;
- концентрация биогенных элементов: ионов аммония, фосфатов, кремния, нитритов и нитратов, железа общего, мг/л;
- концентрация главных ионов: хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов, кальция, магния, натрия, калия, сумма ионов, мг/л, жесткость;
- химическое потребление кислорода (ХПК), мг/л;

– биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅), мг/л.

Учет качественных показателей стока ДСВ включает ведомственный контроль физических и химических показателей отводимых с мелиоративных систем дренажно-сбросных вод [2]. Наблюдения должны проводиться систематически, в соответствии с программой, на закрепленных и оборудованных створах путем эксплуатационного обследования. Отбор проб воды надо осуществлять по графику лабораторного контроля с составлением ведомостей-актов отбора. Качественные показатели дренажно-сбросных вод должны определяться по результатам химических анализов в аккредитованных лабораториях или с применением поверенных портативных приборов различных конструкций, включенных в реестр средств измерений.

Мониторинг проводится на основе постоянного отслеживания изменений в водных объектах и на водосборных территориях с применением пригодных для разных уровней мониторинга методов оценки и прогноза состояния объектов, с учетом обратной связи, которая осуществляется периодическим контролем фактического состояния [5].

В общем виде структурную схему мониторинга природных и дренажно-сбросных вод, систематизирующую все этапы проведения наблюдений и оценки состояния их качества, можно представить в следующем виде (рис. 1).

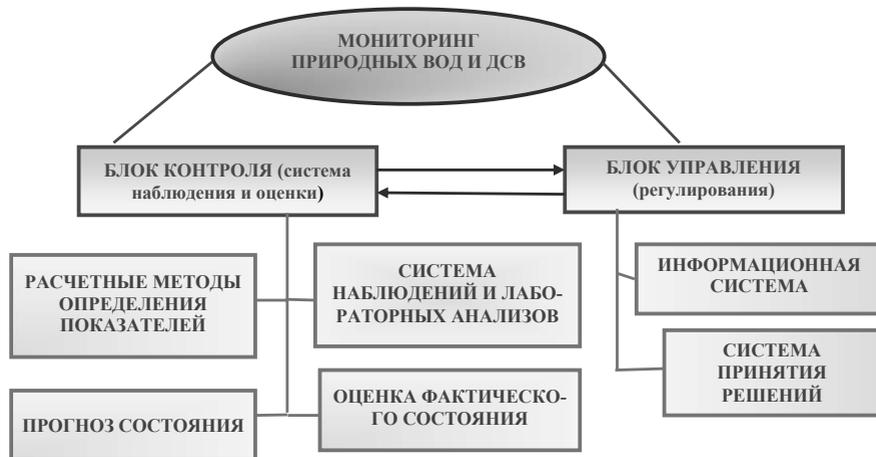


Рис. 1. Структурная схема мониторинга природных и дренажно-сбросных вод

Благодаря правильно организованной системе наблюдений, применению методов обработки данных результатов наблюдений и лабораторных анализов и оценки качества воды, прогноза состояния и изменений качества воды, обобщения и хранения сведений, полученных в результате наблюдений, возможно принятие адекватных решений по улучшению качественного состава ДСВ, а также снижению их негативного воздействия на природные воды.

Выводы:

1. Организация и проведение мониторинга качественного состава дренажно-сбросных вод с мелиорируемых территорий приобрела особую актуальность в связи с обострением экологической ситуации в водоприемниках дренажного стока и введением законодательных документов, устанавливающих требования к качеству сбрасываемых в водные объекты вод.

2. Проведение наблюдений за качественным составом ДСВ в контексте воздействия на загрязнение природных вод (расположение створов наблюдений, периодичность отбора проб, перечень контролируемых показателей) должны опираться на нормативные и методические документы для получения репрезентативной и сопоставимой информации.

3. Составлена структурная схема мониторинга, систематизирующая все этапы проведения наблюдений и оценки состояния качества природных вод и ДСВ, результатом которых является защита природных вод от загрязнения.

Литература

1. Трифонова Т. А., Селиванова Н. В. Охрана и рациональное использование водных ресурсов : учеб. пособие. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2010. – 108 с.
2. Методические указания по контролю состояния дренажно-сбросных вод и учету стока и выноса растворенных веществ / Министерство сельского хозяйства Рос. Федерации. Департамент мелиорации. ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2015. – 16 с.
3. Методические указания по учету и контролю качества сбросных вод / Министерство сельского хозяйства РФ. Департамент мелиорации. ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2015. – 67 с.
4. РД 52.24.309-2011. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), ФГБУ «ГХИ». – Ростов н/Д, 2011. – 104 с.
5. Шабанов В. В., Маркин В. Н. Ведение мониторинга водных объектов в современных условиях / Рос. гос. аграр. ун-т – МСХА им. К. А. Тимирязева. – М, 2016. – 143 с.
6. Сахаров, Р. Ю. Методы и средства контроля качественных показателей стока с орошаемых территорий // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия : сб. науч. тр. – Вып. 53. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – С. 129–136.

УДК: 556.531(575)

КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫЕ ВОДЫ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ БАССЕЙНА Р. СЫРДАРЬИ

Э. И. Чембарисов¹, Ж. Б. Мирзакобулов², К. К. Ананова², Ф. М. Забиров²,

¹ Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства;

² Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан

Коллекторно-дренажные воды – это воды, которые вытекают из дрен и коллекторов с орошаемой территории и часто попадают обратно в реки и их притоки или же сбрасываются в различные природные понижения: озера, впадины, овраги и др. Эти воды – часть так называемых возвратных вод (понимаем под этим воды, взятые на орошение в верховьях рек и частично вернувшиеся в их русла ниже по течению подземным и поверхностным стоком [1–3].

Коллекторно-дренажные воды Чирчик-Ахангаранского ирригационного района. Чирчик-Ахангаранская долина расположена в северо-восточной части республики между рекой Сырдарьей и отрогами Западного Тянь-Шаня. На северо-западе физико-географического района проходит граница между Узбекистаном и Казахстаном, по долине Келеса и хребтам Каржантау и Угам. На востоке по Таласскому, Пскемскому и Чаткальскому хребтам он граничит с Кыргызстаном. Кураминский хребет отделяет Чирчик-Ахангаранскую долину от Ферганской долины, юго-западная граница района проходит по реке Сырдарье.

В бассейне Чирчика в 1970 г. орошалось 265 тыс. га, в 1975 г. – 271 тыс. га; в 2011 г. – 305 тыс. га, 2016 г. – 356 тыс. га, в бассейне р. Ахангаран соответственно 55–60 и 90 тыс. га. В 1913–1914 гг. в Ташкентском оазисе орошалось 219 тыс. га, в том числе под хлопчатником было занято 33 тыс. га, под рисом – 67 тыс. га и прочими культурами – 119 тыс. га. Водозабор из рек в 1955–1957 гг. был равен 5 км³ в год, в 1985–1986 гг. он увеличился до 7 км³, в 2011 г. – 7,5 км³, 2016 г. – 8,1 км³.

В Ташкентском оазисе также имеется коллекторно-дренажная сеть. Приемником многих коллекторов служит река Чирчик. Основное строительство коллекторов произведено в 1950–1960 гг. В 1972 г. на территории Ташкентской области было 5760 км дренажной сети, к 1986 г. ее длина увеличилась до 7919 км, в 2016 г. более 9000 км. Среди сбросов в Чирчик следует выделить коллекторы РК-5, РК-10, Кирова, Пойменный, дренау ХД-Т. В Ахангаран впадают Сарысу-1, Карасу-1, Гулистанский. Отдельные коллекторы доносят свои воды до реки Сырдарья: Карасу-2, Сарысу-2, Песчаный, Улавливающий.

Наблюдения за химическим составом воды в коллекторах начаты в 1968 г. По данным Ташкентского областного управления мелиоративных систем, минерализация воды боль-

шинства коллекторов невысокая: до 1,0 г/л. Лишь в некоторых внутриводоехозяйственных коллекторах Букинского (Чилисай) и Зангиатинского (Ачисай, Каракамыш, Махамаджан) районов она доходит до 3,0–5,0 г/л. Состав воды преимущественно сульфатно-гидрокарбонатный – кальциевый (СГ-К), в коллекторах с высокой минерализацией – сульфатный – натриевый (С-Н).

Среднемесячные расходы воды в коллекторах меняются от 0,10 (Азамат) до 5,67 м³/с (Геджиген). В целом с территории области в 1977 г. было отведено 1,94 км³, а в 1978 г. – 2,24 км³, в 2011 г. – 1,84 км³, в 2016 г. – 1,52 км³ дренажных вод, что составляет 34–38 % от водозабора этих лет, которые соответственно равны 5,63–5,93 км³.

С географо-геоморфологических позиций орошаемая зона оазиса (в том числе бассейны коллекторов) расположена в трех районах: а) верховья бассейнов Чирчика и Ахангарана; б) в средней и нижней части бассейнов Чирчика и Ахангарана; в) на правобережной современной долине Сырдарьи в среднем течении. В районах можно выделить бассейны следующих коллекторов: Азамат, Джайлма, Гулистан, Дархан, Сарысу, В-3, Каракамыш, Ачисай, Сарысу-2, Карасу-1, Карасу-2, КЖД, Геджиген, ГВСК, Песчаный, Уртукли, Улавливающий.

Наибольшая величина отводимого коллекторно-дренажного стока наблюдается в Бекабадском районе (до 455,24–627,76 млн м³), значителен он в Аккурганском и Букинском районах (262,57–282,16 млн м³), наименьшая величина стока наблюдается в Бостанлыкском и Ахангаранском районах (4,78–27,99 млн м³). Наибольшая величина минерализации наблюдается в Бекабадском и Чиназском районах (2,10–2,31 г/л), а наименьшая – в Пскентском, Юкори-Чирчикском и Кибрайском районах (0,54–0,36 г/л).

При орошении коллекторно-дренажными водами с минерализацией 1,5–2,0 г/л существует небольшая опасность хлоридного засоления почв с плохой водопроницаемостью, поэтому данный факт нужно учитывать при выборе орошаемых участков и при орошении выбирать участки с хорошей водопроницаемостью. Проведенные расчеты показали, что при комплексной оценке экологического состояния бассейна р. Чирчик надо принимать во внимание и влияние коллекторно-дренажных вод.

Проведенные расчеты показали, что в зависимости от выделенных гидрохимических районов минерализация и химический состав коллекторных вод в данных бассейнах меняются следующим образом: а) в верховьях бассейна Чирчика и Ахангарана – 0,80 г/л, состав сульфатно-гидрокарбонатный – магниевое-натриево-кальциевый (СГ-МНК); б) в средней и нижней части бассейна Чирчика и Ахангарана – 1,18 г/л, состав гидрокарбонатно-сульфатный-натриево-кальциевое-магниевый (ГС-НКМ); в) на террасах среднего течения Сырдарьи – 1,71 г/л, состав сульфатный – магниевое-кальциевое-натриевый (С-МКН) (табл. 1). Анализ материалов показал, что в данном ирригационном районе гидрохимическая обстановка нарушена.

Как показал анализ собранных материалов наиболее целесообразно использовать коллекторно-дренажный сток в Ахангаранском, Куйи-Чирчикском, Зангиатинском, Юкори-Чирчикском, Кибрайском, Урта-Чирчикском и Аккурганском районах, где минерализация коллекторно-дренажных вод не превышает 1 г/л, а их объемы составляют 0,3–0,5 км³/год.

Коллекторно-дренажные воды Голодной степи. По административному делению территория Голодной степи до 29 декабря 1973 г. относилась к Сырдарьинской области УзССР, занимая в целом 2324,2 тыс. га. На западе граница Голодной степи проходит по древнему руслу Арнася, ограничивающему ее от песков Кызылкумов. С востока и северо-востока она отделена от Дальверзинской степи и Ташкентского оазиса долиной р. Сырдарьи. Голодная степь представляет собой равнину с общим слабым уклоном на север и северо-запад. Большую часть Голодной степи занимает третья, надпойменная терраса р. Сырдарьи, представляющая собой плоскую равнину. Общая площадь Голодной степи 850 тыс. га, пригодных для орошения – около 750 тыс. га.

В 1986 г. в Сырдарьинской области (в новых границах) было орошено 279,4 тыс. га, под хлопчатником – 173,2 тыс. га, а в 2012 г. – 250,9 тыс. га; в Джизакской области соответственно 267,2 и 158,2 тыс. га (зона нового орошения Голодной степи), в 2012 г. – 263,9 тыс. га. Водозабор на орошение составляет около 5,0–6,0 км³ в год, а в 2012 г. – 6,4 км³ в год.

Земли Джизакской степи в основном орошаются водой р. Сырдарьи, поступающей по Южноголодностепскому каналу. Меньшую роль играет сток многочисленных рек и саев,

стекающих в южной части области с северного склона Туркестанского хребта. В наиболее водоносных реках (Санзар, Зааминсай) среднемесячные расходы воды не превышают $14,3 \text{ м}^3/\text{с}$, а среднегодовые – $5,5 \text{ м}^3/\text{с}$. На севере Джизакской области расположено Арнасайское понижение, в него в многоводном 1969 г. было сброшено $20,0 \text{ км}^3$ воды из р. Сырдарья.

Минерализация и расходы воды в коллекторах. Коллекторно-дренажная сеть в Голодной степи начала строиться в 1940 году. За 1957–2012 гг. ее длина только в пределах Сырдарьинской области увеличилась от 2000 до 9030 км.

Общий сток дренажных вод в 1977 г. составил $1,38 \text{ км}^3$, в 1986 г. – $2,24 \text{ км}^3$, а в 2012 г. – $2,87 \text{ км}^3$. В последние годы часть дренажных вод (включая воду из скважин вертикального дренажа) используется на поливы: в 1985 г. было отобрано 320 млн м^3 , в 1986 г. – 350 млн м^3 [1–3].

Дренажные воды с поливных земель старой зоны орошения Голодной степи отводятся в Сырдарью и Арнасайское понижение.

Среднегодовая минерализация воды в коллекторах меняется в следующих пределах: в Баяутском – от 1,9 до 3,6 г/л; в Джетысайском – от 3,4 до 5,5, в Центрально-Голодностепском (ЦГК) – от 3,6 до 4,6, в Главном пойменном – от 2,6 до 3,7, в Шурузяке – от 2,5 до 3,6 и в Пограничном – от 2,2 до 3,5 г/л. Из названных коллекторов самым крупным является ЦГК, который образуется после соединения Баяутского и Джетысайского коллекторов; длина его 85 км, при впадении в Арнасайское понижение расход воды достигает $50,6 \text{ м}^3/\text{с}$. Состав дренажных вод преимущественно хлоридно-сульфатный – кальциево-магниевый-натриевый (ХС-КМН).

Орошение, начавшееся на основном массиве Голодной степи в 1912 г., с первых же лет вызвало подъем грунтовых вод и вторичное засоление почв.

Часть магистральных коллекторов (Главный Пойменный – ГПК, Шурузяк, Западный, Северный и Концевой) впадает в Сырдарью, а остальные (Арнасайский, Кызылкумский, Центрально-Голодностепский – ЦГК) сбрасывают воду в Арнасайское понижение (рис. 1).

Наименьшая минерализация (0,65 г/л) была установлена в коллекторе К-1, а наибольшая (5,59 г/л) – в Машинном коллекторе. Наибольшие расходы воды ($22,9$ – $30,25 \text{ м}^3/\text{с}$) наблюдались в Центрально-Голодностепском коллекторе.

Согласно проведенному анализу состав дренажных вод преимущественно хлоридно-сульфатный – кальциево-магниевый-натриевый (ХС-КМН).

Для лучшей водообеспеченности земель построено Джизакское водохранилище объемом 60 млн м^3 , питающееся стоком р. Санзар.

Дренажные воды отводятся р. Клы и коллекторами Токурсаем, Акбулакским, Пограничным и Кутайли. Минерализация воды в них изменяется от 2,6 до 5,3 г/л, состав воды преимущественно сульфатно-натриевый (С-Н).

В Арнасайском понижении минерализация воды неодинакова: наиболее повышена она в приплотинной зоне, а также в районе впадения коллекторов Акбулак и Клы – до 13–15 г/л, в южной части (бывшее оз. Тузкан) – 9–10 г/л и в западной части – 4–6 г/л; по составу вода везде сульфатно-натриевая (С-Н). Использование этой воды для орошения требует глубокого обоснования с постановкой полевых опытов.

Наиболее крупные коллекторы Голодной степи: Баяутский, Джетысайский, Центрально-Голодностепский, Шурузяк, Главный Пойменный. Средняя минерализация воды в рассматриваемых коллекторах изменяется в настоящее время от 2,29 (ГПК-С) до 5,51 г/л (ЦГК). Состав воды в большинстве коллекторов хлоридно-сульфатный – кальциево-магниевый-натриевый (ХС-КМН), а в Джетысайском и ЦГК – хлоридно-сульфатный – магниевый-натриевый (ХС-МП). Центральный Голодностепский коллектор образуется ниже слияния Джетысайского и Баяутского коллекторов. В настоящее время коллекторные воды Голодной степи без всякого учета сбрасываются в р. Сырдарью и Арнасайскую впадину.

К использованию воды перечисленных выше коллекторов нужно подходить дифференцированно. Воду из Шурузяка и Главного Пойменного коллектора целесообразно использовать для промывок засоленных почв, освобождая при этом объемы пресной речной воды, которые можно применять в нижележащих орошаемых массивах бассейна Сырдарьи. Эту воду можно также частично использовать для орошения хлопчатника, риса, кормовых культур в следующих вариантах: при смешении с речной водой и без смешения. В обоих случаях

надо соблюдать необходимые требования (выбор почв с легким механическим составом, наличие соответствующей дренажной сети, создание отрицательного баланса и др.). Конкретный объем используемых вод должен определяться расчетным путем для каждого коллектора.

Воду из Баяутского, Джетысайского и Центрально-Голодностепского коллекторов лучше всего использовать для промывок солончаков или орошения солеустойчивых культур на пустыющих целинных землях (с выбором участков легкого механического состава).

Воду Центрально-Голодностепского коллектора можно использовать и для создания водного природного комплекса (ВПК) на базе Арнасайского водоема. Для этого необходимо добиться, чтобы минерализация воды во всех его зонах не превышала 8 г/л (биологический барьер для ценных пород рыб).

Величины объёмов и минерализация коллекторно-дренажных вод (к-д-в) в выделенных гидрохимических районах

Административная область	Гидрохимический район	Объём к-д-в, млн м ³	Минерализация к-д-в, г/л	Химический состав	Пригодность для орошения, 1,5 г/л
Ташкентская	1. Верховья бассейнов Чирчика и Ахангарана	53,6	0,80	ХСГ-МНК	+
	2. Средняя и нижняя часть бассейнов Чирчика и Ахангарана	613,9	1,18	ГС-НКМ	+
	3. Террасы среднего течения Сырдарьи	480,5	1,71	С-МКН	—
Сырдарьинская и Джизакская	4. Бассейны рек Туркестанского хр. и хр. Нура-тау	42,2	2,56	ХС-МКН	—
	5. Центральная часть Голодностепской равнины	2994,0	4,05	ХС-МН	—
	6. Северная часть Голодностепской равнины	488,1	2,52	ХС-КМН	—

Заключение. При пользовании коллекторными водами в их нижних участках необходимо построить различные по объему «пруды-стокохранилища». Величина используемого для различных целей объема коллекторных вод зависит не только от расходов воды в коллекторах, но и от существующих отраслевых норм водопотребления.

Проблема использования коллекторных вод в народном хозяйстве в перспективе, по нашему мнению, не потеряет своей актуальности, несмотря на постоянное развитие способов орошения и мелиорации в рамках общего научно-технического прогресса, направленных на уменьшение безвозвратных потерь внутри орошаемых массивов и увеличение коэффициентов полезного действия оросительных систем, в перспективе отвод коллекторных вод из оазисов, несомненно, сохранится, по крайней мере, в ближайшие 25–35 лет. Поэтому приведенные рекомендации по унифицированию коллекторных вод можно использовать и в будущем. Проблема использования коллекторно-дренажных вод должна решаться одновременно с решением проблемы рационального использования всех поверхностных водных ресурсов Узбекистана, так как эти воды оказывают неблагоприятное влияние на окружающую среду.

Литература

1. Горизонтальный дренаж орошаемых земель / В. А. Духовный [и др.]. – М.: Колос, 1979. – 250 с.
2. Чембарисов Э. И., Бахритдинов Б. А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии. – Ташкент: Укитувчи, 1989. – 232 с.
3. Якубов М. А., Якубов Х. Э, Якубов Ш. Х. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение. – Ташкент: НИЦ МКВК, 2011. – С. 188.

4. ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

УДК 631.8

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

А. В. Воршьева, Н. Н. Лангаева,

*Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева,
Российская Федерация*

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур остается актуальным вопросом и в наше время. Многочисленными исследованиями ученых-аграриев установлено, что не менее половины (50 % и более) прибавки урожайности зерновых культур достигается за счет правильного и сбалансированного применения удобрений, еще 50 % прироста приходится на совершенствование других технологических приемов агротехники, сорта и мелиорацию [1].

Увеличение урожайности тесно связано с большей активизацией фотосинтетической деятельности растений. У тритикале листовая пластинка является главным источником ассимилянтов во время налива зерна, поэтому важную роль приобретают верхние стеблевые листья и наиболее перспективно увеличение площади листовой пластинки предфлагового листа, который имеет коэффициенты корреляции с массой зерна с колоса 0,66–0,71. Исследованиями А. А. Ничипоровича и А. Я. Бакалдина установлено, что урожай сухого вещества сельскохозяйственных культур на 80–90 % создается в результате фотосинтеза, который в первую очередь зависит от размеров ассимиляционной поверхности, высоты и густоты стояния растений и ряда других факторов [2]. Все остальные процессы питания растений, в частности водное и минеральное, эффективны в той степени, когда они обеспечивают и поддерживают оптимальную деятельность фотосинтетического аппарата.

Исследования проводились в 2017 г. в полевом опыте, заложенном на Полевой опытной станции РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Объектом исследования стало яровое тритикале трех сортов: сортообразец Тимирязевская, сорт Кармен и сорт Укро.

Азотные удобрения вносили согласно схеме опыта в виде аммиачной селитры в два срока: первая подкормка сразу после посева с шагом от 30 до 150 кг д. в-ва/га и подкормка в дозе 30 и 60 кг д. в-ва/га в вариантах $N_{90} + N_{30}$ и $N_{90} + N_{60}$ – в фазу выхода в трубку.

Измерение площади листьев проводили тремя методами: планиметрический метод, классический (метод промеров) и по методике упрощенного определения относительных величин чистой продуктивности фотосинтеза сортов зерновых культур, предложенной доктором биологических наук В. А. Кумаковым [4].

Самый распространенный и простой способ измерения площади листьев растений – планиметрический. Он заключается в том, что средний образец пробы листьев взвешивают и раскладывают на движущейся ленте электронного прибора – планиметра. Метод позволяет измерить быстро и точно площадь листьев, прибор выдает площадь листьев в квадратных сантиметрах.

Еще один наиболее распространенный метод – промеров (классический метод), заключающийся в прямом измерении длины и ширины листьев с отобранных растений. Метод простой, но весьма трудоемкий [6].

Площадь листьев рассчитывается по формуле:

$$Sл = Дл * Шл * 0,7,$$

где Дл – длина листовой пластинки, Шл – ширина листовой пластинки, 0,7 – коэффициент пере-счета для тритикале.

Методика упрощенного определения относительных величин чистой продуктивности фотосинтеза сортов зерновых культур, предложенная доктором биологических наук В. А. Кумаковым, подразумевает, что площадь листьев измеряют в момент окончания роста последнего листа, о котором судят по отгибу листа от листового влагалища. Измерение нужно проводить в фазу колошения. Общее число измеряемых растений каждого сорта должно быть не менее 50 (по 5 растений с каждой повторности). Если сортов немного, то лучше взять по 100 растений, что повысит точность данных. Отобранные растения отмечают этикетками. На главных побегах измеряют длину и ширину всех живых листьев. За живые принимают те листья, пластины которых более чем на 50 % площади сохраняют зеленую окраску. Площадь листьев рассчитывают по той же формуле, что и при прямом измерении.

Перед скашиванием делянок отмеченные этикетками растения выдергивают с корнем, связывают в снопы. После просушивания снопов выполняются анализ снопов и расчеты [7].

По данным исследований, наиболее точный способ, отображающий полную картину фотосинтетической деятельности посевов яровой тритикале, является классический (метод промеров).

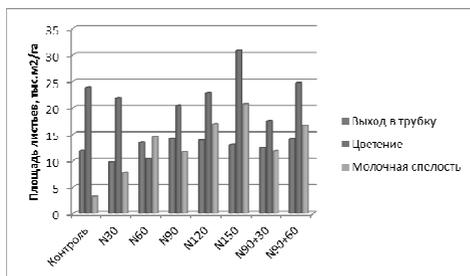


График 1

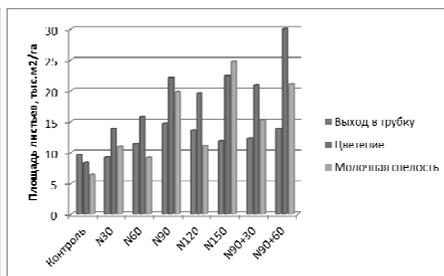


График 2

На графике 1 представлена динамика изменения площади листьев яровой тритикале сортообразца Тиморязевская в течение вегетации при измерении классическим способом, при разных условиях обеспеченности азотом.

Наибольшая площадь листьев в фазу выхода в трубку отмечена на варианте N90 и составила 14,69 тыс. м²/га, в фазу цветения на варианте N90+60 и составила 29,99 тыс. м²/га, в фазу молочной спелости на варианте N150 – 24,73 тыс. м²/га.

На графике 2 представлена динамика изменения площади листьев яровой тритикале сорта Кармен в течение вегетации при измерении классическим способом.

Наибольшая площадь листьев в фазу выхода в трубку отмечена на варианте N90+60 и составила 17,35 тыс. м²/га, в фазу цветения на варианте N90+60 и составила 50,54 тыс. м²/га, в фазу молочной спелости на варианте N150 – 25,26 тыс. м²/га.

На графике 3 представлена динамика изменения площади листьев яровой тритикале сорта Укро в течение вегетации при измерении классическим способом.

Наибольшая площадь листьев в фазу выхода в трубку отмечена на варианте N90 и составила 14,12 тыс. м²/га, в фазу цветения на варианте N150 и составила 30,81 тыс. м²/га, в фазу молочной спелости на варианте N150 – 20,64 тыс. м²/га.

По всем вариантам опыта отмечается прибавка урожая с внесением повышенных доз азотных удобрений, а также дробных доз (N90+60).

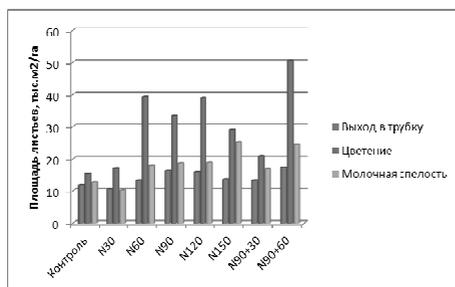


График 3

Кроме того, при внесении повышенных доз азотных удобрений отмечалось увеличение фотосинтетического потенциала (табл. 1).

Яровая тритикале сортообразца Тимирязевская – новый перспективный сорт, созданный в Тимирязевской академии, находящийся в настоящее время на сортоиспытании. Он наиболее интенсивно реагирует на внесение различных доз азотных удобрений.

Таблица 1. Урожайность зерна яровой тритикале, т/га

Вариант опыта	Сортообразец Тимирязевская	Сорт Кармен	Сорт Укро
1. Контроль	3,09	3,85	3,91
2. N ₃₀ +N ₀	3,39	4,49	4,13
3. N ₆₀ +N ₀	4,91	5,01	4,53
4. N ₉₀ +N ₀	4,97	4,72	4,76
5. N ₁₂₀ +N ₀	5,49	4,79	4,96
6. N ₁₅₀ +N ₀	5,73	5,79	6,07
7. N ₉₀ +N ₃₀	4,85	5,19	6,01
8. N ₉₀ +N ₆₀	5,77	4,99	4,83
НСП ₀₅	1,31	0,93	1,06

Была установлена корреляция между урожайностью и площадью листьев по фазам развития. Для яровой тритикале сортообразца Тимирязевская были получены следующие результаты: выявлена высокая корреляция между урожайностью и площадью листьев в фазу выхода в трубку (0,79), также высокая корреляция между урожайностью и площадью листьев в фазу цветения (0,86) и фазу молочной спелости (0,71).

Литература

1. Аристархов А. Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. – М.: ЦИНАО, 2000. – С. 342–360.
2. Кочурко В. И., Савченко В. Н. Урожайность, качество и кормовая ценность ярового // Аграрная наука. – 2000. – С. 169.
3. Орлова И. Г., Петров Л. К. Влияние минеральных удобрений на урожай зеленой массы кормовой тритикале // Труды Ставропольского НИИСХ. – Вып. 42. – 1979. – С. 52–78.
4. Инновационные сорта и технологии возделывания ярового тритикале / А. М. Тысленко [и др.]. – Иваново: ПресСто, 2017. – С. 295.
5. Фотосинтетический аппарат и селекция тритикале / М. Т. Чайка [и др.]; под ред. Н. В. Турбина и Л. В. Хотылевой. – Минск: Наука и техника, 1991. – С. 134.
6. Шостко А. В. Влияние условий минерального питания на фотосинтетическую деятельность растений ярового тритикале. – Горки, 2003. – С. 173–180.
7. Щукина О. А., Энзекрей Е. С. Прогнозирование потенциальной урожайности яровой тритикале // Инновационная деятельность в модернизации АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Курск: КГСХА им. профессора И. И. Иванова, 2017. – С. 163–165.

**ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫЙ УДОБРИТЕЛЬНЫЙ МЕЛИОРАНТ И ЕГО ВЛИЯНИЕ
НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И УРОЖАЙ****К. Н. Евсенкин,***Мещерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация*

В Мещёрской низменности мелиорируемые земли в основном представлены дерново-подзолистыми (низкого уровня плодородия) и торфяно-болотными, потенциально плодородными, но экологически неустойчивыми к сработке органического вещества (торфа) почвами. Как первый почвенный тип, так и второй требует научного подхода к их использованию в практике сельскохозяйственного производства [2, 3, 4].

Торфяные почвы под действием осушения и при длительном и интенсивном использовании трансформируются до органо-минерального агрозёма. Современное усиление деструктивной антропогенной нагрузки на почвенный покров связано с интенсивным использованием почвы, отрицательно сказывается на протекании физико-химических и биологических процессов. Коэффициент гумификации при этом может снижаться в 1,5–2,0 раза по сравнению с экстенсивным земледелием. В свою очередь, уменьшается и содержание органического вещества (гумуса) в минеральных почвах, что ведет к разрушению структуры, развитию уплотнения и в целом к снижению плодородия.

Улучшение плодородия легких минеральных почв связано с обогащением пахотного слоя органогенными носителями (навоз, торф, компост) с одновременным внесением минеральных удобрений [1, 4, 5, 14]. Эти мероприятия позволяют повысить емкость поглощения, сорбционную способность, порозность, водоудерживающую способность и т. д. Кроме того, распад органического вещества под действием почвенных микроорганизмов, бактерий и грибов образует перегнойные продукты биологического синтеза, а также обогащает почву азотом и питательными веществами.

Опытный участок находится на мелиорируемых землях ОПХ «Полково» Рязанского района Рязанской области, осушенный в 1962 г. и используемый в полевом севообороте. Ранее объект был представлен маломощными торфяными почвами. Осушается объект открытой сетью каналов, уровень грунтовых вод в среднем за вегетацию составляет 60–150 см от поверхности. Длительность эксплуатации объекта составляет 49 лет, он представлен в настоящее время сработанными торфяными почвами, которые можно отнести к отделу агрозёмов двух разновидностей – минерального и перегнойно-минерального.

Агрохимические показатели участка следующие: рН – 5,0; подвижный фосфор – 23,3 и обменный калий – 7,15 мг на 100 г почвы. Объемная масса почвы 1,1–1,2 г/см³. Почва опытного объекта хорошо обеспечена подвижным фосфором и незначительно – обменным калием, а также закислена.

Состав нового органо-минерального удобрительного мелиоранта следующий: полова – 50 %; навоз – 15 %; торф низинный хорошо разложившийся – 30 %; NPK – из расчета азота – 30, фосфора – 45 и калия – 60 кг д. в. на гектар; медь – из расчета 25 кг медного купороса на гектар и известь 3 т на один гектар [6, 7, 9, 13].

Культурой-реагентом является вико-овсяная смесь на зеленый корм. Схема полевого опыта предусматривает систематическое размещение вариантов в трехкратной повторности в одном ярусе [10]. Размер опытных делянок составляет 25 м².

Схема вариантов полевого опыта следующая: контроль без удобрений; N₃₀ P₄₅ K₆₀ фон; фон + удобрительный мелиорант 40 т/га; фон + удобрительный мелиорант 60 т/га; фон + удобрительный мелиорант 80 т/га.

В результате внесения удобрительного мелиоранта в почву изменились ее агрохимические показатели (плодородие повысилось): усилилось азотное питание, уменьшилась кислотность, увеличилось содержание органического вещества и общего азота. Эти изменения отмечаются и на третий год после внесения удобрительной смеси. Так, из таблицы 1 видно, что кислотность почвы уменьшилась с рН 5,0 на контроле до 5,4 на варианте фон +УМ 80 т/га. Органическое вещество возросло с 9,04 % (контроль) до 9,86; 11,53; 12,34 % соответственно внесению дозы УМ 40; 60; 80 т/га. Количество общего азота коррелировало с количеством органического вещества и также возрастало с 1,8 % на контроле, до 2,6 % на варианте фон+УМ 80 т/га.

Таблица 1. Агрохимических показателей почвы на третий год после внесения удобрительного мелиоранта, в слое 0-20 см

Вариант	Органическое вещество, %	рН	Азот общий, %	P ₂ O ₅ мг/100 г	K ₂ O мг/100 г
Контроль	9,04	5,0	1,8	23,3	7,1
Фон (N ₃₀ P ₄₅ K ₆₀)	8,91	5,0	1,5	24,5	7,2
Фон+40 т/га	9,86	5,1	1,9	26,7	7,3
Фон+60 т/га	11,53	5,2	2,3	27,5	7,6
Фон+80 т/га	12,37	5,4	2,6	28,8	7,7

По данным таблицы 1 видно и небольшое увеличение подвижных форм фосфора и калия. Фосфора с 23,3 мг/100 г на контроле, до 26,7; 27,5; 28,8 мг/100 г соответственно вариантам фон + 40,+ 60, +80 т/га. Калия с 7,1 мг/100 г до 7,3; 7,6; 7,7 мг/100 г соответственно вариантам: фон + 40,+ 60,+ 80 т/га.

В результате повышения содержания органического вещества повысилось содержание нитратного и аммиачного азота, что происходит при превращении азота органических соединений в неорганические ионы аммония и нитратов. Такие изменения происходят под действием микроорганизмов следующим образом: органический азот → аммиак → нитрит → нитрат. Содержание в почве аммиачного и нитратного азота является основной минеральной азотной пищей для растений, поэтому особенно важны их наличие и динамика в вегетационном периоде. Динамика образования аммиачного и нитратного азота показана в таблице 2.

Таблица 2. Динамика аммиачного и нитратного азота по вариантам опыта в слое 0-20 см, мг/100 г почвы, 2016 год

Вариант	май		июнь		июль	
	NH ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁻	NO ₃ ⁻
Контроль	1,2	4,9	0,1	0,5	0,33	3,1
Фон(N ₃₀ P ₄₅ K ₆₀)	1,1	4,9	2,2	1,9	0,39	3,0
Фон+40 т/га	1,8	5,6	10,3	4,0	0,37	3,7
Фон+60 т/га	2,9	6,0	15,8	9,3	0,41	7,0
Фон+80 т/га	3,1	8,0	19,3	9,6	0,43	8,3

По данным таблицы 2 видно, что наибольшее наличие как аммиачного, так и нитратного азота отмечается в июне. Особенно это заметно на вариантах с внесением удобрительного мелиоранта по сравнению как с контролем, так и с фоном. Так, на контроле и фоне содержание аммиачного азота составляло соответственно 0,1; 2,2, а нитратного – 0,5 и 1,9 мг/100 г почвы, тогда как на вариантах с внесением УМ эти показатели были намного выше и составляли соответственно увеличению дозы УМ с + 40, + 60, + 80 т/га – 10,3; 15,8; 19,3, а по нитратному азоту – 4,0; 9,3; 9,6 мг/100 г почвы. В другие месяцы (май, июль) увеличение аммиачного и нитратного азота при внесении удобрительной смеси сохраняется, но менее выражено по сравнению с июнем. Очевидно, это связано с благоприятными условиями, сложившимися в этом месяце для их образования (оптимальная влажность, температура). Увеличение содержания аммиачного и

нитратного азота при внесении удобрительного мелиоранта благоприятно влияло и на урожайность сельскохозяйственных культур.

Внесение в почву удобрительного мелиоранта эффективно сказалось на урожае вико-овсяной смеси. Урожай вико-овсяной смеси на зеленый корм по вариантам опыта представлен в таблице 3.

Таблица 3. Урожайность зеленой массы вико-овсяной смеси по вариантам опыта, т/га, 2016

Вариант	Средняя по повторностям			Средняя по варианту	Прибавка к контролю	Прибавка к фону
	1	2	3			
Контроль	13,5	11,5	12,5	12,5	-	-
Фон	15,0	13,0	14,0	14,0	1,5	-
Фон + 40	18,0	16,0	17,0	17,0	4,5	3,0
Фон + 60	20,5	18,5	19,5	19,5	7,0	5,5
Фон + 80	23,5	21,5	22,5	22,5	10,0	8,5

$НСР_{0,5} = 1,72$ т/га

$НСР_{0,1} = 2,42$ т/га

Таблица 4. Динамика аммиачного и нитратного азота по вариантам опыта в слое 0-20 см 2015 год

Вариант	Май		Июнь		Июль		Август	
	NH_4^-	NO_3^-	NH_4^-	NO_3^-	NH_4^-	NO_3^-	NH_4^-	NO_3^-
Контроль	0,62	16,6	0,75	19,1	0,85	20,2	0,73	18,5
Фон ($N_{30}P_{45}K_{60}$)	0,65	19,3	0,88	20,2	0,92	21,4	0,84	19,2
Фон+40 т/га	0,69	22,4	1,14	22,5	1,23	25,3	0,97	20,3
Фон+60 т/га	0,71	22,8	1,88	23,2	1,31	26,6	1,00	20,9
Фон+80 т/га	0,74	23,5	2,22	25,8	1,33	27,7	1,05	21,8

По данным таблицы 4 видно, что наибольшее наличие как аммиачного, так и нитратного азота отмечается в июле и составляет соответственно на варианте 80 т/га 1,33 и 27,7 мг на 100 г почвы.

Наименьшее на контроле – 0,83 и 20,2 мг /100 г почвы. Их наличие по другим вариантам опыта также возросло по сравнению с контролем пропорционально внесенной дозе удобрительного мелиоранта. Так, на варианте фон + 60 т/га их количество практически приближается к варианту фон + 80 т/га и в июле соответственно составляет 1,31 и 26,6 мг / 100 г почвы. Следует заметить, что количество аммонийного и нитратного азота на второй год действия удобрительного мелиоранта увеличилось. Очевидно, это связано с благоприятными условиями их образования (оптимальная влажность, температура).

Внесение в почву удобрительного мелиоранта эффективно сказалось на урожае овса. Урожай овса на зеленый корм по вариантам опыта представлен в таблице 5.

Таблица 5. Урожайность зеленой массы овса по вариантам опыта, т/га, 2015

Варианты	Повторности опыта									Среднее значение
	1			2			3			
	Учетные участки на делянке									
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Контроль	15,4	16,3	17,5	16,5	15,5	17,5	16,5	15,5	17,5	16,5
Фон ($N_{30}P_{45}K_{60}$)	20,0	21,2	19,8	20,9	18,5	21,6	19,7	19,4	22,1	20,4
Фон+40 т/га	26,5	27,5	22,5	23,6	24,8	27,5	23,5	26,9	24,5	25,3
Фон+60 т/га	27,9	29,7	27,2	28,3	27,0	29,5	29,4	27,0	28,4	28,3
Фон+80 т/га	32,5	30,7	29,2	31,5	30,8	31,2	29,0	30,3	33,5	31,0

По данным таблицы видно, что самый высокий урожай зеленой массы овса как в первый, так и во второй год действия получен на варианте с внесением УМ (удобрительного мелиоранта) в количестве 80 т на гектар и составил соответственно 28,5 и 31,0 т/га зеленой массы, что на 13 и 14,5 т больше. Также значительный урожай зеленой массы овса получен на варианте фон+60 т/га УМ (26,6 и 28,3 т/га), который по экономическим показателям является наиболее эффективной. Что касается других вариантов, то здесь также урожай зеленой массы превышает контрольный соответственно. Таким образом, по данным полевого опыта установлено, что наиболее эффективной дозой внесения в почву удобрительного мелиоранта является 60 т на гектар.

Надо заметить, что такие урожаи зеленой массы овса получены на фоне подпочвенного увлажнения, осуществляемого шлюзованием [8, 11]. Шлюз-регулятор был закрыт во второй декаде июня и обеспечивал положение уровня грунтовых вод июне-июле в среднем по вариантам 70–80 см от поверхности. Такое положение уровня грунтовых вод позволило поддерживать влажность почвы в оптимальном режиме для злаково-бобовых культур 65–75 % от полной влагоемкости.

Литература

1. Потери и воспроизводство органического вещества в пахотных почвах / Б. М. Когут [и др.] / Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирование систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. – М.: Почв. Ин-т им. В.В. Докучаева, 2013. – Т. 1. – С. 369–382.
2. Повышение плодородия деградированных и малопродуктивных почв путём применения удобрительно-мелиорирующих смесей [Текст] / В. М. Яшин [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 5–6. – С. 26–31.
3. Кирейчева Л. В., Хохлова О. Б. Способ приготовления удобрительно-мелиорируемой смеси на основе карбонатного сапропеля. – Патент РФ №2286321 от 27.10.2006.
4. Кирейчева Л. В. Комплексные мелиорации – основа создания продуктивных и устойчивых агроландшафтов // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства : материалы юбил. конф. – М., 2009. – Т. 1. – С. 13–25.
5. Использование биогумуса и удобрительно-мелиорирующей смеси для повышения плодородия длительно используемых почв выработанных торфяников / Л. В. Кирейчева [и др.] // Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке : Проблемы, перспективы, достижения : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. ведущих специалистов, ученых, предпринимателей и производителей (Минск, 4–8 июня 2007 г.). – Минск, 2007.
6. Эффективность удобрительного мелиоранта на повышение плодородия сработанных торфяных почв / К. Н. Евсценкин [и др.] // Научные и технологические подходы в развитии аграрной науки / под ред. В. П. Зволинского [и др.]. – М., 2015. – С. 269.
7. Оценка загрязнения мелиорируемого агроландшафта азотосодержащими веществами и методы их снижения : монография / Ф. А. Мусаев [и др.]. – Рязань: РГАТУ, 2014. – 158 с.
8. Добрачев Ю. П., Евсценкин К. Н. Шлюзование – один из методов снижения загрязнения водных объектов минеральным азотом // Мелиорация и окружающая среда : юбил. сб. науч. тр. – М., 2004. – Т. 1. – С. 225–226.
9. Изучение приемов повышения продуктивности сработанных торфяных почв / С. В. Перегудов [и др.] // Агрохимический вестник. – 2014. – № 2. – С. 14–17.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973. – С. 15–40.
11. Исаев А. В. Ресурсосберегающие и экологически безопасные режимы орошения многолетних трав в южной зоне Нечерноземья : автореф. дис. ... канд. с/х наук. – Рязань, 2001. – 23 с.
12. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель. РД-АПК 3.00.01.003-03.
13. Исследование природоохранного режима комплексной мелиорации осушаемой аллювиальной почвы при возделывании раннего картофеля / П. И. Пыленок [и др.] // Сб. науч. тр. – Вып. 3. – Рязань: Меще. ф-л ГНУ ВНИИГиМ, 2008. – С. 447–452.
14. Ильинский А. В. Очистка и детоксикация оподзоленных и выщелоченных черноземов, загрязненных тяжелыми металлами : автореф. дис. ... канд. с/х наук. – М.: ВНИИГиМ им. Костякова, 2003.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ЗАДАЧ

А. В. Ильинский, Д. В. Данчеев,

*Меццерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация*

Каждый регион Российской Федерации испытывает техногенную нагрузку от своих источников загрязнения, во многом специфических и не похожих на источники других, даже расположенных рядом, загрязнителей [12, 13, 16]. Проблема же накопления и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) представляет унифицированную серьезную угрозу для населения урбанизированных территорий и окружающей среды, как в мировом масштабе, так и для России, требующую скорейшего решения с использованием инновационных экологически безопасных технологий. В соответствии с ГОСТ Р 53692-2009 к ТБО относят отходы потребления, образующиеся у населения, в том числе при приготовлении пищи, уборке и ремонте жилых помещений, содержании придомовых территорий и мест общего пользования, содержании в жилых помещениях домашних животных и птиц, а также устаревшие, пришедшие в негодность предметы домашнего обихода и нуждающиеся в утилизации или удалении. Состав ТБО неоднороден и включает (по массе): макулатуру (20–40 %), пищевые отходы (20–40 %), стекло (4–6 %), текстиль (4–6 %), черные и цветные металлы (2–5 %) , пластмассу (1–5 %) и др. При этом состав ТБО для всех стран и городов мира не имеет принципиальных различий, вопросы избавления от них во многом схожи [13].

Данные надзорных органов [3, 4, 5] наглядно показывают, что накопление твердых бытовых отходов происходит как на специализированных полигонах, так и на стихийных свалках. К основным факторам несанкционированного складирования ТБО можно отнести следующее: низкий уровень культуры населения, нежелание платить за сбор и утилизацию отходов, а также отсутствие полигонов ТБО, налаженной системы сбора и утилизации отходов [18]. Накопление твердых бытовых отходов на неорганизованных свалках приводит к негативному влиянию на окружающую среду, например, содержание тяжелых металлов в почве при этом может в десятки раз превышать допустимые гигиенические нормативы [1]. На сегодняшний день от 80 до 85 % ТБО вывозится для захоронения на полигоны крупных городов, пока это основной метод их утилизации в России. Городские свалки вокруг городов не только занимают обширные территории, но и представляют опасность для здоровья людей и являются потенциальным источником загрязнения подземных вод и распространения неприятных запахов [13]. Особая опасность возникает в том случае, если вблизи захоронения ТБО располагаются и эксплуатируются артезианские водонапорные скважины. Для живых организмов токсичны фильтрационные воды. Они являются источником загрязнения поверхностных и подземных вод Fe, Ba, Cr, P, Ti, Ni, нитратами, аммонием, концентрации которых составляют от 2 до 100 ПДК. В состав загрязняющих компонентов при многократном превышении ПДК также входят Co, W, Mo, V, Zr, Pb, Zn, Li, Sr и т.д. [2]. Помимо непрерывного возрастания объема отходов резко усложняется и состав ТБО, включающий опасные компоненты, такие как хлор, бром, сера, медь, цинк, ртуть, кадмий. Большинство действующих полигонов для захоронения ТБО в нашей стране переполнены, не отвечают современным экологическим требованиям, в них наблюдается интенсификация процессов водной и воздушной миграции поллютанов в сопредельные среды, что оказывает негативное влияние на состояние окружающей среды и здоровье человека [14]. Полигоны не могут в достаточной степени решить проблемы обращения с твердыми бытовыми отходами, а несанкционированные свалки еще больше добавляют экологических и санитарно-гигиенических

проблем. Некоторые категории ТБО способны оставаться в малоизмененном виде на протяжении сотен и тысяч лет. Так, даже пищевые отходы (их с некоторой долей условности можно отнести к быстроразлагающейся категории ТБО), попав на полигоне под толстый слой земли и других отходов, могут просуществовать не один год.

К ключевым проблемам в области обращения с ТБО следует отнести: недостаточное количество предприятий, перерабатывающих ТБО, и отсутствие системы сбора, утилизации, в лучшем случае – переработки отходов. Наиболее эффективный метод их решения – сокращение объемов образования ТБО, обеспечить которое возможно, только выделяя отдельные компоненты из общего потока и обеспечивая их переработку [10]. Для сортировки ТБО могут использоваться 2 возможных подхода: сортировка мусора в месте сбора, т. е. в каждой квартире, и сбор различных фракций отдельно; сортировка всей массы бытового мусора, перемешанного в мусоропроводах или общих контейнерах, централизованно, на специальных предприятиях с помощью различных механизированных линий и устройств [15]. В мировой практике переработка отходов урбанизированных территорий осуществляется по трем основным направлениям: переработка на высокотехнологичных предприятиях в биогаз, используемый в дальнейшем для выработки электроэнергии; термическое обезвреживание отходов, также требующее строительства крупных инновационных мусоросжигательных заводов; переработка во вторичное сырье, в частности использование в качестве источника органического вещества при решении вопросов озеленения парков и скверов, восстановления плодородия деградированных сельскохозяйственных земель. Основная цель, связанная с утилизацией отходов, заключается в снижении антропогенной нагрузки на окружающую среду и улучшении экологической ситуации. Сейчас в России тоже активно разрабатываются проекты, направленные на улучшение экологической ситуации в области обращения с ТБО. Так, при участии ряда министерств, ведомств и исследовательских институтов в 2019 г. намечена реализация программы «Чистая страна». Ключевая цель данного проекта заключается в уменьшении экологического ущерба, связанного с захоронением ТБО, снижении рисков, связанных с объектами накопленного вреда окружающей среде и снижении доли захоронений твердых коммунальных отходов. Проект предусматривает создание современных заводов по термическому обезвреживанию твердых отходов с частичной переработкой во вторичное сырье, а также рассмотрение предложений от регионов по улучшению экологической ситуации.

В настоящее время в связи с интенсивным использованием в сельском хозяйстве земель и дефиците внесения в них органических удобрений происходит утрата почвенного плодородия, и в первую очередь ухудшение структуры почвы, уменьшение содержания в них гумуса и способности противостоять техногенному прессингу [6, 7, 9]. Органическое вещество почв является энергетической основой биологических процессов, обладает свойствами физиологически активных веществ, регулирующих ростовые процессы и питание растений, как макро-, так и микроэлементами. Содержание органического вещества в почве является важным показателем, определяющим, а нередко лимитирующим плодородие почв, урожайность сельскохозяйственных культур [4].

Органическое вещество бытовых отходов служит ценнейшим энергетическим и питательным материалом для почвы и растений, что, с одной стороны, дает возможность полной переработки отходов с помощью микрофлоры почвы, а с другой – позволяет повысить урожайность за счет поступления в составе органического вещества дополнительного количества элементов питания, т. е. обеспечить агрономический эффект [8, 17]. Наиболее рациональным и сравнительно дешевым способом утилизации органических отходов урбанизированных территорий (ООУТ) является их компостирование, позволяющее нейтрализовать негативное воздействие отходов на окружающую среду и вместе с тем получить ценный продукт для внесения в почву в качестве органического удобрения. Поэтому одним из перспективных вариантов переработки ТБО и, в частности, ООУТ является их использование в качестве субстрата для созда-

ния органических и органо-минеральных удобрений. Данное направление представляет особый интерес, поскольку, помимо решения экологических вопросов утилизации таких отходов, позволяет решать вопросы восстановления плодородия длительно используемых деградированных и подверженных техногенному загрязнению почв, что является первостепенной задачей современного мелиоративного земледелия. Важными параметрами процесса компостирования являются: соотношение углерода, азота и фосфора, влажность, дисперсность, рН, аэрация, размер бурта. Состав готового компоста варьирует в зависимости от исходного сырья и усредненно содержит следующие компоненты: органическое вещество 75–80 %; углерод 8–50; азот 0,4–3,5; фосфор 0,1–1,6; калий 0,4–1,6; кальций (в виде СаО) – 0,7–1,5. Важным результатом является практически полная непатогенность компоста, внесение которого рекомендуется, в зависимости от климатических и почвенных условий, осуществлять 1 раз в 3–4 года из расчета 8–15 т/га.

Таким образом, использование органических отходов урбанизированных территорий при разработке и практическом использовании инновационных многофункциональных мелиорантов в народном хозяйстве позволяет решить ряд современных эколого-мелиоративных задач. Их применение в рекреационных целях на урбанизированных территориях и сельском хозяйстве для восполнения дефицита органического вещества и восстановления плодородия деградированных и подверженных техногенному воздействию земель представляет высокую мелиоративную и экологическую привлекательность и требует детального научного обоснования, основанного на результатах проведения многолетних натуральных экспериментов.

Литература

1. Басов Ю. В. Влияние свалки твёрдых бытовых отходов на агроэкологические показатели почвы // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч. экол. конф. / сост. В. В. Корунчикова ; под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – С. 561–563.
2. Голованчиков А. Б., Соколов В. С. Перспективы совершенствования деятельности по обращению отходов в Российской Федерации // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов : обзор информации. – М.: ВИНТИ, 2002. – № 7. – С. 3–9.
3. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Рязанской области в 2002 году. – Рязань, 2003. – 357 с.
4. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. – М.: МСХ РФ, 2011. – 162 с.
5. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2014 году. – М.: Росинформгротех, 2016. – 188 с.
6. Ильинский А. В. Изучение последствий применения удобрительно-мелиорирующей смеси на основе сапрелея для повышения плодородия и продуктивности почв земель сельскохозяйственного назначения // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных ресурсосберегающих технологий в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Рязань, РГАТУ, 16–17 февр. 2017 г.) / под ред. Д. В. Виноградова. – Рязань : ФГБОУ ВО РГАТУ, 2017. – Ч. 1. – С. 166–171.
7. Ильинский А. В., Побединская Г. В. Оценка эффективности применения агро-мелиоративных мероприятий для реабилитации техногенно загрязнённых почв аппликационным методом // Там же. – Ч. 2. – С. 80–84.
8. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапрелея для повышения плодородия деградированных почв / Л. В. Кирейчева [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – 2016. – № 3 (31). – С. 12–17.
9. Кирейчева Л. В., Яшин В. М., Ильинский А. В. Санация и восстановление плодородия техногенно загрязнённых почв // Агрехимический вестник. – 2008. – № 5. – С. 8–10.
10. Лазарева Л. П., Алексейцева А. О. Методика определения объемов образования отходов в субъектах РФ // Сборник докладов ВэйстТэк. – 2007. – С. 24–26.
12. Методические рекомендации по мероприятиям для предотвращения и ликвидации загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами. – М., 2005. – 71 с.

13. Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Лозановская И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении : учеб. пособие для химических, химико-технологических и биологических спец. вузов. – М.: Высш. шк., 2002. – 234 с.

14. Пашкевич. М. А., Петрова Т. А. Консервация полигонов по захоронению твердых бытовых отходов с целью утилизации свалочного газа // Записки горного института / Национальный минерально-сырьевой ин-т «Горный». – СПб., 2015. – Т. 214. – С. 109–115.

15. Петров В. Г., Чечина А. А. Линии сортировки мусора. Перспективы применения. – Ижевск: Изд-во Ин-та прикладной механики УрО РАН, 2005. – С. 112.

16. Рекомендации по проведению эколого-мелиоративных мероприятий рекультивации техногенно загрязненных и деградированных культурных ландшафтов. – Рязань, 2002. – 142 с.

17. Титова В. И., Добахов М. В., Добахова Е. В. Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве : учеб. пособие // Нижегородская гос. с.-х. акад. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2009. – 178 с.

18. Чернова Я. С., Гермашева Ю. С. Проблемы твердых бытовых отходов на территории Западного Крыма // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч. экол. конф. / сост. В. В. Корунчикова ; под ред. И. С. Белоченко. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – С. 622–624.

УДК 631.85:61

УСТОЙЧИВОСТЬ КАРТОФЕЛЯ К ФИТОФТОРОЗУ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ (ГОЛЛАНДСКОЙ) ТЕХНОЛОГИИ

Камссу Кой, И. И. Володин

*Российский университет дружбы народов, г. Москва,
Российская Федерация*

Картофель посевной (*Solanumtuberosum* L.) – растение семейства Пасленовых из Южной Америки, где до сих пор можно встретить дикорастущие виды. Введение картофеля в культуру было начато примерно 14 тыс. лет назад индейцами Южной Америки. В Европу (Испанию) картофель впервые был завезен Сьеса де Леоном в 1551 г., при его возвращении из Перу. В дальнейшем культура распространилась в Италии, Бельгии, Германии, Нидерландах, Франции, Великобритании, России и других европейских странах.

Традиционно в России картофель в течение столетия является одним из основных продуктов питания [4]. Роль рынка картофеля в устойчивом обеспечении населения определяется не только значительными объемами его производства, реализации и потребления [3], но и значимостью как повседневного и относительно доступного продукта питания для большинства населения, относительно дешевых углеводов в его пищевом рационе, широко распространенного корма для животных, незаменимого сырья для пищевой, перерабатывающей и ряда других отраслей промышленности [4].

Средняя урожайность картофеля в Нечерноземной зоне составляет до 25–30 т/га. Но устойчивость культуры к болезням и вредителям остается невысокой, и есть потенциальная возможность повысить урожайность за счет проведения в хозяйствах системы защиты растений.

Одной из основных болезней в регионе остается фитофтороз [6]. Снижение урожайности картофеля от фитофтороза может достигать 35 % [9] – 70 % [4], степень поражения растений зависит от ряда факторов: устойчивости сорта к патогену, минерального питания и метеорологических условий [8]. В связи с этим изучение устойчивости ранних сортов картофеля к фитофторозу в Нечерноземной зоне является актуальной задачей.

В 2015–2017 гг. был проведен трехфакторный мелкоделяночный полевой опыт в ООО «Агрико-Евразия» Воскресенского района Московской области (табл. 1). Использовались два

ранних сорта картофеля – Аризона и Роко, районированные в регионе [1] и являющиеся перспективными для хозяйства. Ряд авторов [2, 3, 4] отмечают, что большинство зарубежных сортов хуже адаптированы к климатическим условиям России, поэтому менее устойчивы к ряду болезней, в том числе фитофторозу.

В литературе, кроме госсреestra, отсутствуют сведения об используемых нами сортах Аризона и Роко по их устойчивости к заболеваниям применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям. Это являлось обоснованием для проведения исследований, цель которых – определить устойчивость картофеля сортов Аризона и Роко к фитофторозу. По реестру [1] сорта Аризона и Роко относятся к среднеустойчивым к фитофторозу. Борьба с болезнями на посадках картофеля проводилась только химическими методами. Первое опрыскивание проводилось при нахождении листьев с долями по отношению к стеблю под острым углом; в этом положении листья покрываются со всех сторон защитным слоем препарата «Дитан» дозой 2 кг/г, что ограничивает прорастание спор гриба – возбудителя фитофтороза. Опрыскивание проводилось дважды. При третьем опрыскивании применялся медьсодержащий препарат «Даконил».

Почва – светло-серая лесная среднесуглинистая со средним уровнем плодородия и невысоким содержанием гумуса.

Таблица 1. Варианты трехфакторного мелкоделяночного полевого опыта

Номер варианта	Технология (фактор А)	Удобрения, сроки и дозы их внесения, кг/га (фактор В)	Сорт картофеля (фактор С)
1	Традиционная технология	При посадке $N_{120}P_{90}K_{120}$ -фон	Аризона
2		Фон + K_2SO_4 при посадке	
3		Фон + K_2SO_4 при подкормке	
4		Фон + КС при подкормке	
5		При посадке $N_{120}P_{90}K_{120}$ -фон	
6	Промышленная технология	Фон + K_2SO_4 при посадке	Роко
7		Фон + K_2SO_4 при подкормке	
8		Фон + КС при подкормке	
9		При посадке $N_{120}P_{90}K_{120}$ -фон	
10	Промышленная технология	Фон + K_2SO_4 при посадке	Аризона
11		Фон + K_2SO_4 при подкормке	
12		Фон + КС при подкормке	
13		При посадке $N_{120}P_{90}K_{120}$ -фон	Роко
14		Фон + K_2SO_4 при посадке	
15		Фон + K_2SO_4 при подкормке	
16		Фон + КС при подкормке	

Посадку картофеля в опыте проводили с междурядьями 0,7х2,5 м в 4-кратной повторности, площадь питания каждого растения составляла 0,175 м². При такой схеме посадки густота растений была равна 57 тыс. шт./га. Агротехника в опыте – согласно исследуемым технологиям.

Во время вегетации картофеля проводили визуальный учет устойчивости растений к фитофторозу по методике исследований по защите картофеля от болезней, вредителей и иммунитета [7] методом клубневого анализа в соответствии с ГОСТом 11856-89 (семенной материал) и ГОСТом 7194-87 (товарный картофель). Больными считались клубни, пораженные в любой степени болезнью. Уборку в мелкоделяночном полевым опыте проводили вручную, с подкапыванием кустов картофеля, с использованием весов точно до 0,1 кг. Статистическая обработка данных проводилась на PC Pentium с использованием программы STATISTIK.

Погодные условия 2015–2017 гг. имели особенности: 2015 г. засушливый (по ГТК), близок к среднепогодным значениям по теплолагообеспеченности, 2016 и 2017 гг. – избыточно влажные.

Пораженность растений картофеля болезнями на вариантах мелкоделяночного полевого опыта отображена на рисунке 1.

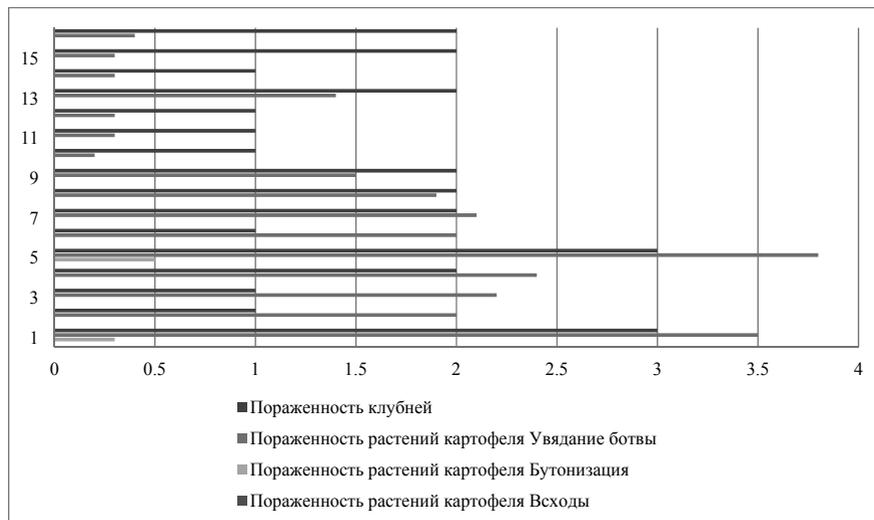


Рис. 1. Пораженность растений картофеля и клубней фитофторозом по вариантам мелкоделяночного полевого опыта (средние за три года исследований), распространенность, %

На рисунке 2 прослеживается высокая устойчивость растений картофеля к фитофторозу в фазы всходов и бутонизации, когда заболевания отсутствуют или составляют малую долю процента.



Рис. 2. Пораженные фитофторой растения и клубни



Рис. 3. Уборка картофеля в опыте

В дождливую погоду 2016 и 2017 гг. сформировался эпифитотийный фон по фитофторозу, вызываемому *Phytophthora infestans* (Mont.) deBary [3]. В фазу увядания ботвы пораженность фитофторозом проявилась на всех вариантах, что В. В. Козлов [4] объясняет обильными росами и холодными ночами, которые характерны для этого времени в регионе. На вариантах 10 и 14 пораженность растений картофеля сортов Аризона и Роко фитофторозом составила лишь 0,2–0,3 %, в то время как на вариантах 1 и 5 – 2,8–2,5 %.

Проблемой было не допустить проявления стеблевой формы фитофтороза, так как избавиться от него в дождливых условиях было бы практически невозможно. В связи с этим был сокращен интервал между второй и третьей фунгицидными обработками до семи дней вместо ре-

комендованных десяти. Третью фунгицидную обработку провели также с сокращением рекомендованного срока, как и последующие. На рисунках 2 и 3 приведены пораженные фитофторой растения картофеля и уборка в опыте.

Таким образом, в условиях Нечерноземья, в частности Московской области, используемые сорта Аризона и Роко отличались сравнительно высокой устойчивостью к фитофторозу. Возделывание картофеля по промышленной технологии снижало пораженность растений и клубней картофеля в среднем на 10–50 %.

Литература

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. – Т. 1 : Сорта растений. – М., 2017.
2. Васюков Ю. С. Сортовое разнообразие (картофеля) // Новое сел. хоз-во. – 2000. – № 1. – С. 24–25.
3. Замотаев А. И. Индустриальная технология производства картофеля. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 239 с.
4. Картофель России / под ред. А. В. Коршунова. – М.: Достижения АПК, 2003. – 968 с.
5. Козлов В. В. Сравнительная оценка технологий возделывания картофеля в условиях Верхневолжья : дис. ... канд. с/х наук. – Тверь, 2017. – 164 с.
6. Красавина А. И., Захарова О. А. Пораженность фитофторозом клубней картофеля при длительном хранении // Сборник статей по материалам IX Междунар. науч.-практ. конф. (Горки, 16–17 февр. 2017 г.). – Горки: БГСХА, 2017. – Т 38 : Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – С. 83–85.
7. Методические указания по проведению исследований качества картофеля / отв. ред. Н. И. Крупенинников. – М.: ВНИИКХ, 2000. – 52 с.
8. Kintzios S. The application of the bioelectric recognition assay for the detection of human and plant viruses: Definition of operational parameters // Biosens And Bioelectron. – 2001. – V. 16. – № 7–8. – P. 480.
9. Mayer K. Vorkeimen von Kartoffeln bring vorteile // Fortschr. Landwirt. – 1999. – № 5. – Pp. 10–11.

УДК 631.8

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ ЖИДКОГО АММИАКА

Д. Г. Кротов¹, В. П. Самсонова²,

¹Брянский государственный аграрный университет;

*²Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Российская Федерация*

Получение высоких урожаев невозможно без дополнительного внесения в почву питательных веществ. При выращивании всех культур наиболее востребованными являются азотные удобрения. В нашей стране применение аммиака в качестве удобрения началось с 1964 г. Его применяли на полях Белоруссии, Украины, Литвы и Латвии. В 1979 г. объем применения составил 120 тыс. тонн [1]. В годы перестройки и реорганизации сельского хозяйства внесение жидкого аммиака в почву прекратилось. В настоящее время сельскохозяйственные товаропроизводители стали вносить в почву жидкий аммиак. Эта форма азотных удобрений пока применяется в небольших объемах. С одной стороны, это можно объяснить высокими стартовыми затратами на создание инфраструктуры в цепи «завод-поле», что экономически нецелесообразно для небольших хозяйств [2]. С другой стороны, вполне понятны опасения многих сельхозпроизводителей в отношении возможного ухудшения плодородия почвы из-за высокой токсичности и химической агрессивности аммиака. Именно высокие требования к технике безопасности при несоблюдении технологии внесения ограничили применение безводного аммиака в земледелии бывшего СССР [3]. На территории Брянской области его начали вносить с 2016 г. на полях агрохолдинга «Добронравов Агро» и АПХ «Мираторг» под посевы кукурузы.

Аммиак жидкий NH_3 (аммиак жидкий безводный, аммиак сжиженный, охлажденный аммиак) – это наиболее концентрированное и дешевое азотное удобрение, содержит 82 % азота. По внешним признакам это бесцветная летучая жидкость с характерным резким запахом. При охлаждении до температуры $-33,3\text{ }^\circ\text{C}$ аммиак сжижается, а при температуре $-77,7\text{ }^\circ\text{C}$ затвердевает и превращается в снегообразную массу. С повышением давления аммиак переходит в жидкое состояние даже при комнатной температуре, поэтому его хранят и перевозят в специальных толстостенных стальных цистернах или баллонах, выдерживающих давление 2–3 МПа. Плотность сжиженного аммиака при температуре $20\text{ }^\circ\text{C}$ составляет $0,61\text{ г/см}^3$, температура кипения $34\text{ }^\circ\text{C}$.

Попадая в почву, аммиак соединяется с водой, образуя ион аммония, который в дальнейшем может либо оставаться в почвенном растворе, либо поглощаться почвенными коллоидами. Почвенные микроорганизмы переводят аммиак в доступный растениям нитрат-ион.

Аммиак как удобрение имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Он сравнительно дешев, позволяет быстро поднять азотный статус почвы и вносить низкие дозы. Однако его внесение требует специального оборудования и хорошо обученного персонала, поскольку жидкий аммиак – сильнодействующее ядовитое вещество, смесь которой с воздухом при объемной концентрации аммиака 15–27 % может взрываться даже от искры. При попадании на кожу жидкий аммиак вызывает ожоги, а при испарении – обморожения. Внесение жидкого аммиака создает антропогенную неоднородность – полосчатость содержания аммонийного азота в почве, а высокое pH препарата может отрицательно действовать на почвенную биоту.

Предполагалось в производственных условиях:

- 1) оценить изменение кислотно-щелочных условий в зоне внесения аммиака;
- 2) определить глубину распространения аммиака при внесении его в жидком виде;
- 3) оценить значимость создаваемой очаговости содержания минерального азота.

Эксперимент проводился на 13 полях в Навлинском районе Брянской области. Почвы дерново-подзолистые супесчаные на водно-ледниковых отложениях. Отбор проб проводили на заранее выбранных и фиксированных площадках до внесения жидкого аммиака и спустя 2–6 дней после внесения. Отбор проводили по ходу движения сошника с аммикопроводом, так и между ними. На каждой площадке отбирали по три пробы шнековым буром, которые затем объединяли в одну: с глубин 0–20, 20–40 и 40 см до и после внесения технического аммиака в дозе 100 кг/га . В пробах определялись значения pH почвы в водной вытяжке по ГОСТ 26423-85 и солевой вытяжке (KCl) по ГОСТ 26583-85. Нитратный азот определялся ионометрическим методом по ГОСТ 26951-86, аммонийный азот – по ГОСТ 26489-85.

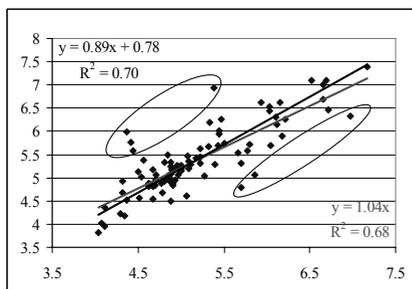
Дополнительно оценивалось различие в содержании минерального азота по ходу сошников и в междурядьях. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием дисперсионного анализа (программа STATISTICA 8).

Изменение кислотности почвенного раствора является одним из наиболее дискуссионных вопросов применения безводного аммиака. Известно, что первые 2–4 дня после применения безводного аммиака в ленте внесения происходит подщелачивание, но в дальнейшем кислотность почвенного раствора стабилизируется и повышается [8, 9].

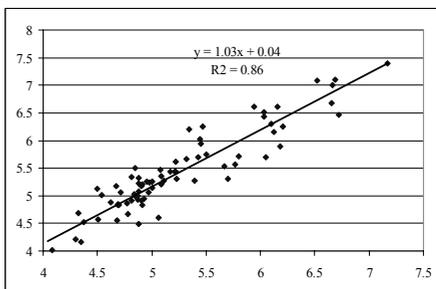
Кислотность почвы на многих полях близкая к нейтральной. Внесение жидкого аммиака приводит к сдвигу реакции среды в слабощелочную сторону. Одним из последствий этого может быть снижение подвижности микроэлементов.

На графике (рис. 1, а) видно, что после внесения аммиака могут появляться зоны, в которых pH_{KCl} очень сильно увеличилось (на 1 ед. и более), и зоны, в которых наблюдаются такие же изменения в сторону уменьшения pH.

Таким образом, более правдоподобным кажется предположение, что внесение аммиака не меняет величину pH_{KCl} , по крайней мере за короткий промежуток времени. Наблюдаемые отскоки величин pH могут быть объяснены их исходной пространственной изменчивостью, неоднородностью поступления аммиака в почву вследствие изменения сложения почвы сошниками.



а



б

Рис. 1. Зависимость между значениями pH_{KCl} до внесения аммиака и после внесения аммиака без исключения отскакивающих значений (а) и после исключения (б)

Скорее всего, это зоны, в которые попало избыточное количество аммиака, и зоны, куда аммиак не попал вовсе. В остальном точки располагаются вдоль прямой. Связь между значениями pH до и после внесения аммиака может быть аппроксимирована линейным уравнением, однако в зависимости от интерпретации имеющихся данных его коэффициенты могут быть различными. Так, если не исключать отскакивающие точки, то можно считать, что внесение аммиака увеличивает pH_{KCl} в среднем на 0,8 ед., однако коэффициент при величине x (pH до внесения) меньше единицы, что трудно интерпретировать.

Если же предположить, что уравнение должно проходить через нулевую точку, то можно считать, что pH до внесения и после внесения практически не изменяется (коэффициент примерно равен единице). При этом коэффициент детерминации этих двух уравнений меняется очень мало (рис. 1, б), что можно рассматривать как подтверждение этого предположения. После исключения отскакивающих точек коэффициент детерминации резко возрастает, а свободный член становится пренебрежимо малым. В отличие от pH_{KCl} связь значений pH водного до и после внесения аммиака описывают линейным уравнением, которое практически не меняется при удалении отскакивающих точек (рис. 2).

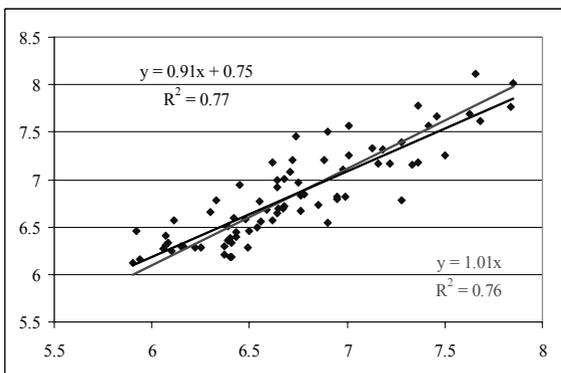


Рис. 2. Зависимость между значениями pH_{KCl} до внесения аммиака и после внесения аммиака

Результат можно интерпретировать как индикатор того, что в среднем $pH_{вод}$ увеличивается примерно на 0,75 ед., однако, поскольку коэффициент при x меньше единицы, то это указывает

на возможность расхода части аммиака на нейтрализацию существующей кислотности. С другой стороны, принудительное проведение уравнения через нулевую точку очень слабо меняет коэффициент детерминации, но коэффициент при независимой переменной становится практически равным 1. Это может свидетельствовать о том, что величины pH почти не меняются, а «болтанка» обусловлена пространственной изменчивостью и аналитическими ошибками.

Суммарный запас минерального азота до внесения удобрения в первую очередь зависит от индивидуальности поля. Внесение аммиака приводит к дифференциации горизонтов и нивелирует особенности полей, что можно видеть на рисунке 3.

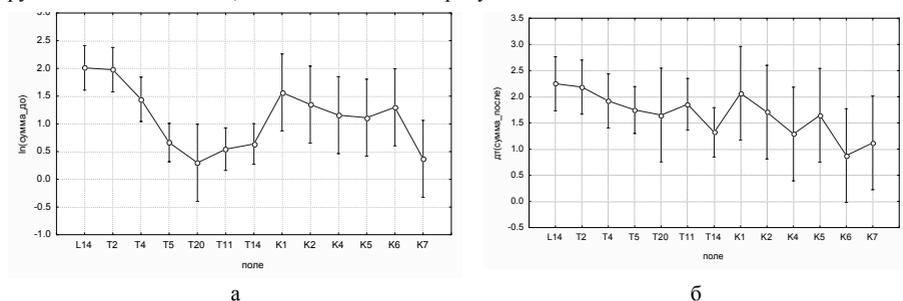


Рис. 3. Средние и доверительные интервалы запасов минерального азота в почве до (а) и после (б) внесения аммиака

Внесение жидкого аммиака заметно увеличивает содержание минерального азота в слое 0–20 см, слабо увеличивает его содержание в слое 20–40 см и практически не влияет на содержание в слое 40–60 см (табл. 1).

Таблица 1. Итоговая таблица расчета содержания минерального азота по слоям почвы

Глубина отбора проб почвы	Нитратный азот, мг/кг			Аммонийный азот, мг/кг			$\Sigma N_{\text{мин}}$, мг/кг
	до внесения	после внесения	N-NO ₃	до внесения	после внесения	N-NH ₄	
0-20	1.62	7.46	1.66	1.49	8.73	7.63	9.30
20-40	1.12	2.04	0.43	1.48	2.58	1.99	2.46
40-60	1.48	1.53	0.34	1.74	1.84	1.41	1.75
0-60	4.22	11.03	2.43	4.71	13.15	11.03	13.51

Дисперсионный анализ результатов определения суммарного запаса минерального азота в почве показывает, что внесение аммиака нивелирует различие полей, однако обуславливает очень большую разницу между слоями. Наиболее обогащенным оказывается слой 0–20 см, а в слое 40–60 см запас аммиачного азота оказывается практически неизменным (табл. 2).

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа для суммарного запаса минерального азота до и после внесения аммиака

Показатель	Число степеней свободы	До внесения		После внесения	
		Значение F	Вероятность	Значение F	Вероятность
Слой	2	2.44	0.099382	25.17	0
Поле	12	6.466	0.000002	1.522	0.154
Взаимодействие	24	0.934	0.560722	2.337	0.007
Ошибка	42				

Примечание: Жирным шрифтом выделены значимые вероятности.

Внесение жидкого аммиака создает пространственную антропогенную пространственную неоднородность этого питательного элемента, полосчатость его распределения в пространстве угодья (табл. 3).

Таблица 3. Запасы минерального азота в слое почвы 0-60 см после внесения жидкого аммиака по ходу сошников и междурядьях

Глубина, см	Междурядье	Сошник	Кратность превышения
0-20	7,55	27,08	3,59
20-40	4,71	11,08	2,35
40-60	7,48	7,94	1,06
0 -60	19,74	46,10	2,34

Литература

1. Бартулис П. А. Способы осенней и предпосевной обработки почвы при внесении жидкого аммиака под полевые культуры : автореф. дис. ... канд. с/х наук. – Дотнува, 1984.
2. Преимущества и проблемы применения жидких азотных удобрений в земледелии / А. А. Завалин [и др.] // Агрохимия. – 2014. – № 5. – С. 20–26.
3. Мирошниченко Н. Н., Гладких Е. Ю., Ревтье А. В. Влияние безводного аммиака на свойства почвы и продуктивность полевых культур // Вестник Междунар. ин-та питания растений. – 2015. – № 1.
4. ГОСТ 26483-85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО»;
5. ГОСТ 26423-85 «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки»
6. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом.
7. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО.
8. Chien S. H., Collamer D. J., Gearhart M. M. (2008). The effect of different ammonia nitrogen sources on soil acidification [Electronic version]. SoilSci. J. – Pp. 173:544–551.
9. Norman R. J., Kurtz L. T. and Stevenson F. J. (1987). Solubilization of soil organic matter by liquid anhydrous ammonia [Electronic version]. SoilSci. Soc. Am. J. 51. – Pp. 809–812.

УДК 631.84

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ ПРИ ПОМОЩИ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ВНЕСЕНИЯ ПОДКОРМКИ

Н. Н. Лангаева, А. В. Воршьева,

*Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева,
Российская Федерация*

В настоящее время в Российской Федерации существуют проблемы развития животноводства. В связи с этим не хватает нужного количества органического удобрения. В таком случае серьезной альтернативой является зеленое удобрение. Под зеленым удобрением понимают свежую растительную массу, которую запахивают для обогащения почвы органическим веществом. В качестве зеленого удобрения (сидератов) преимущественно возделывают люпин, донник, люцерну, фацелию, горчицу.

Горчица белая (*Sinapis alba* L.) хорошо разрыхляет, структурирует, дренирует почву, повышая ее воздухо- и влагоемкость. Это одна из лучших культур для защиты почв от водной и ветровой эрозии весной и осенью. Задерживает снег, способствует меньшему промерзанию почв

и, следовательно, большему накоплению влаги. В связи с этим существует потребность в выращивании горчицы на семена.

Горчица чрезвычайно отзывчива на удобрения, их применение является огромным резервом в деле повышения урожайности семян. Азотные удобрения оказывают свое действие не только на бедных почвах (песчаных), где азот (нитратный) почти отсутствует, но и на выщелоченных черноземах. При переизбытке азотного питания горчица может развить мощную зеленую массу и дать небольшой сбор семян или, растянув вегетационный период, не дозреть. В связи с этим становится необходимым изучение оптимальной подкормки горчицы азотным удобрением.

Исследования проводились в 2017 г. в полевом опыте, заложенном на Полевой опытной станции РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. В качестве объекта исследований была изучена горчица сорта Луговская.

Комплексная диагностика азотного питания растений в течение вегетации включала: стеблевую диагностику по В. В. Церлинг [3], фотометрическую диагностику на приборе ВНИ-ИА – НПЦ «Спектролюкс»; фотометрическую диагностику на приборе импортного производителя N-tester YARA [1].

В опыте изучалось влияние азотных подкормок, которые применялись в разные сроки: в фазу бутонизации вносили 30, 60, 90, 120 и 150 кг д. в. на гектар аммиачной селитры (NH_4NO_3), содержащей 34 % N. В фазу цветения проводили подкормку аммиачной селитрой в дозе 60 кг д. в. на гектар в 2 вариантах. Опыты заложены в 4-кратной повторности, размещение вариантов рендомизированное.

Стеблевая диагностика проводилась в течение вегетации горчицы белой (в три фазы). При определении нитратов по В. В. Церлинг [4] для получения окраски свежий срез кладут на стеклянные пластинки и добавляют одну каплю 1%-ного дифениламина в серной кислоте. Образовавшуюся синюю окраску на срезе сравнивают со шкалой и оценивают в баллах.

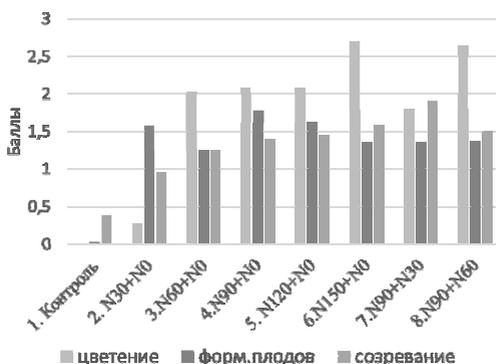


Рис. 1. Баллы стеблевой диагностики в зависимости от доз азотных удобрений

В результате химического анализа было получены данные, которые говорят о достоверной нехватке азота на контрольном варианте, на котором подкормка не проводилась, а также на варианте с маленькими дозами азота N_{30} . В фазу цветения растения были обеспечены азотом лучше, чем в фазу формирования плодов и созревания. Возможно, это было связано с реутилизацией азота из листьев в плоды.

Фотометрическая диагностика азотного питания растений была проведена на посевах белой горчицы при помощи фотометрических приборов N-тестер «Yara» и «Спектролюкс» двулу-

чевой. N-тестер «Уга» измеряет величину интенсивности зеленой окраски листьев растений, на которую в большей степени влияет накопление в клетках хлорофилла. «Спектролюкс» измеряет отношение величины флюоресценции хлорофилла и светопроницаемости листа в свете синего и зеленого светодиода. Снятия показаний фотометрическими приборами проводились в различные фазы развития горчицы белой [2].

Таблица 1. Показатели двулучевого прибора «Спектролюкс»

Вариант	Отношение величины флюоресценции хлорофилла и светопроницаемости листа	
	фаза цветения	фаза формирования плодов
9. Контроль	52,4	53,9
10. N ₃₀ +N ₀	53,2	55,2
11. N ₆₀ +N ₀	50,7	59,8
12. N ₉₀ +N ₀	48,8	52,9
1. N ₁₂₀ +N ₀	51,5	52,7
2. N ₁₅₀ +N ₀	51,2	51,6
3. N ₉₀ +N ₃₀	49,5	55,0
4. N ₉₀ +N ₆₀	50,1	54,4

Измерения на приборе N-тестер «Уга» показали, что наибольшая интенсивность окраски в середине вегетации горчицы наблюдается в вариантах с внесением повышенных доз азотных удобрений (N₉₀, N₁₅₀, N₉₀+N₆₀). Наименьшие показатели были определены на контроле и в варианте N₃₀.

Результаты фотометрической диагностики азотного питания белой горчицы при помощи двулучевого «Спектролюкса» представлены в таблице 1.

Для двулучевого «Спектролюкса» характерна обратнокорреляционная связь его показаний в условных единицах от доз внесенных удобрений. Это связано с тем, что количество хлоропластов возрастает в клетках растений, которые были хорошо удобрены, в середине вегетации. Но во время перехода растений в генеративный период их количество заметно снижается.

Урожайность – ключевой показатель, так как по его величине дается конечная оценка всем изучаемым агротехническим приемам. Урожайность была определена весовым методом с пересчетом на 12 % (рис. 2).

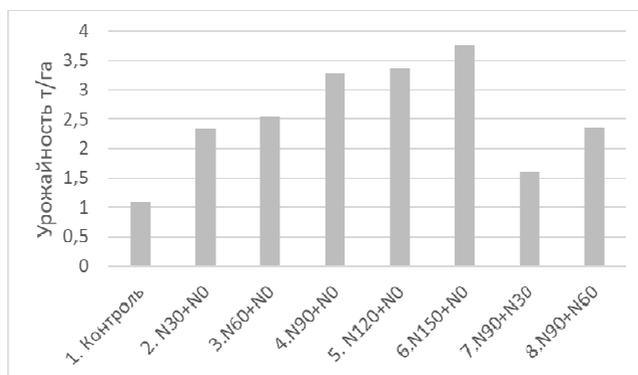


Рис. 2. Урожайность горчицы белой, т/га

Анализируя урожайность семян горчицы белой в условиях 2017 г., можно сказать, что наиболее эффективными были повышенные дозы азотных удобрений (90, 120 и 150 кг д. в-ва/га). Но при этом потенциальной урожайности растения не достигли, так как метеорологические условия вегетационного периода сложились не очень хорошо. Несмотря на то что горчица относится к культурам умеренного климата, положительных температур в начальные фазы для хорошего развития ей не хватало. В итоге фаза всходов горчицы затянулась, не успев отрасти, растения начали цвести, переходя на генеративное развитие.

Литература

1. Щуклина О. А., Белоусова К. В., Литвинский В. А. Принципы фотометрической диагностики азотного питания растений // Доклады Тимирязевской сельскохоз. академии. – М., 2011. – № 283. – С. 93.
2. Роботизация агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур / В. Г. Сычев [и др.] // 75 лет Географической сети опытов с удобрениями : материалы Всерос. совещания научных учреждений – участников Географической сети опытов с удобрениями. – М.: ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2016. – С. 257–266.
3. Церлинг В. В. Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур. – М.: Наука, 1978. – 216 с.
4. Церлинг В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур : справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 236 с.

УДК 631.89

ОЦЕНКА ПРОЛОНГИРОВАННОГО ВЛИЯНИЯ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А. В. Нефедов,

*Мещерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация*

Повышение плодородия почвы и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур при снижении запасов гумуса связано с ликвидацией причин и последствий деградации и восстановлением их исходного вещественно-энергетического состояния [1]. Поэтому очень важно использовать все резервы для воспроизводства органического вещества почвы. Потенциальные ресурсы органического сырья: органические удобрения животноводческих предприятий, органические удобрения растительного происхождения – солома, сидераты; органометные ископаемые – торф, сапрпель; отходы промышленности и коммунального хозяйства [2].

Использование перечисленного органического сырья и органических удобрений в чистом виде имеет как положительные стороны, так и нежелательные последствия [2, 3, 4]. Поэтому представляется, что перспективным удобрением, для повышения плодородия могут стать органо-минеральные смеси, созданные при компостировании на основе различного органического сырья и обогащенные минеральной компонентой [5, 6, 7].

Микробиологическая активность при компостировании обеспечивается тщательным перемешиванием и созданием оптимальной влажности, температуры, достаточным количеством органического вещества и минерального питания [8].

Всероссийским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова в 2014 г. на «Экополигоне» Мещерского филиала был заложен многолетний полевой опыт с целью оценки действия органо-минерального удобрения «Сапросил», разработанного под руководством Л. В. Кирейчевой, на плодородие деградированных торфяных почв и урожай сельскохозяйственных культур [9, 10]. Основой исследуемого органо-минерального удобрения является высокозольный сапрпель озера Белое (58 %), низинный торф Карамбай-

Пычасского месторождения (32,2 %), характеризующиеся низким содержанием элементов минерального питания. Для оптимизации удобрительных свойств в смесь добавляются минеральные удобрения (4,8 %) и аморфный кремнезем (5 %) [11, 12].

Опытный участок находится на мелиорируемых землях ОПХ «Полково» Рязанского района Рязанской области, осушенный в 1962 г. и используемый в полевом севообороте. Осушается объект закрытой сетью, уровень грунтовых вод в среднем за вегетацию составляет 60–150 см от поверхности. Ранее объект был представлен маломощными торфяными почвами, в настоящее время сработанными торфяными почвами, которые относятся к отделу агроземов двух разновидностей – минерального и перегнойно-минерального.

Внесение в 2014 г. удобрений и сапропеля проводилось методом рассыпания вручную по задискованной почве и последующей заделки дискованием. Схема полевого опыта предусматривала рандомизированное размещение трех вариантов в четырехкратной повторности на делянках размером 10х10 м².

Варианты следующие:

1. Контроль (Фон).
2. Сапропель – внесение мелкогранулированного сапропеля нормой 10 т/га;
3. ОМУ – внесение органо-минерального удобрения («Сапросил») нормой 5 т/га.

Культурой-реагентом в 2014 г. являлся яровой ячмень сорта Криничный. Посев провели 02.05, норма высева 220 кг/га, ячмень перед посевом протравили «Кинто Доу» нормой 2–2,5 кг/т, 17.06 провели опрыскивание посевов гербицидом «Гранстар» нормой 15 г/га. В фазу спелости ячменя были убраны контрольные делянки размером 1 м² для учета урожая зерна. Данные представлены на рисунке 1.

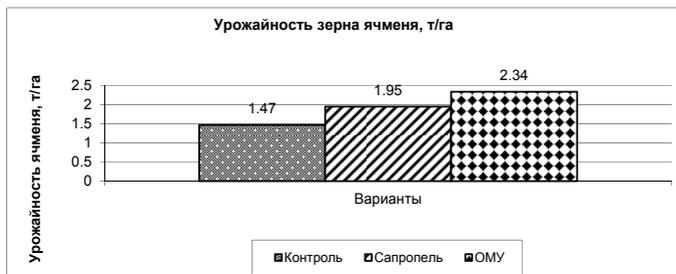


Рис. 1. Урожайность зерна ячменя в 2014 году

Удобрения оказали положительное влияние на продуктивность ячменя. Внесение как сапропеля, так и ОМУ обеспечило статистически достоверное увеличение урожайности зерна на 0,48 и 0,87 т/га соответственно при НСР₀₅ 0,4 т/га, что составило весьма существенную прибавку урожая на 32,6 и 59,2 %. При сравнении варианта ОМУ к варианту сапропель прибавка составила 0,39 т/га и была несущественна.

В 2015 г. провели весеннюю культивацию тяжелой дисковой бороной на глубину 15–18 см. Культурой-реагентом был выбран яровой рапс сорта Визит 1^{ой} репродукции нормой высева 10–12 кг/га. Перед посевом семена рапса за 18 дней инкрустировали препаратом фурадан нормой 15 кг/т. Кроме того, были внесены минеральные удобрения из расчета 100 кг/га азота, фосфора, калия, а вариант контроль был разбит на два участка, на одном из которых также внесли удобрения (вариант – фон) с последующим дискованием. Затем прикатывание с помощью гладких катков. Сев рапса осуществили 28.04, после чего посеы прикатали гладкими катками. При появлении блошки провели опрыскивание 12.05 препаратом алатар нормой 500 мл/га. В период вегетации ярового рапса проводили наблюдения за ростом и развитием растений, начиная от

всходов и заканчивая уборкой (первый укос) 3.07. Период роста составил 66 дней, а сумма температур выше 10 градусов составила 474,7 °С. Данные наблюдений представлены на рисунке 2.

Повторный посев ярового рапса сорта Визит был проведен 7 июля, после дискования и прикатывания почвы до и после сева, норма высева 15 кг/га. Быстрому появлению всходов способствовали прошедшие после посева дожди. Весь период вегетации ярового рапса проводили наблюдения за ростом и развитием растений, начиная от всходов и заканчивая уборкой 23.09. Период роста составил 78 дней, а сумма температур выше 10 градусов составила 569,2 °С. В фазу полного цветения контрольные делянки 1 на 1 м ярового рапса скашивали для учета урожая зеленой массы. Данные представлены на рисунке 2.

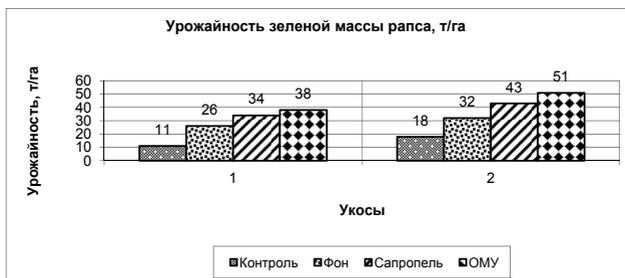


Рис. 2. Урожайность зеленой массы рапса в 2015 году

На рисунке 2 видно заметное влияние всех внесенных удобрений на урожай зеленой массы ярового рапса, что характеризует отзывчивость выращиваемой культуры. Влияние удобрений на рост и развитие рапса прослеживается как в первом, так и во втором укосе. Данный рисунок показывает, что прибавка урожая зеленой массы рапса в первом укосе существенна на всех вариантах с внесением удобрений и колеблется от 15 до 23–27 т/га. Прибавка зеленой массы рапса на варианте с внесением ОМУ существенна при $HCP_{05} = 3,8$ т/га по сравнению с вариантом сапрпель и составляет 4 т/га, или 10,5 %. Во втором укосе прибавка урожая зеленой массы так же существенна и составляет на варианте с внесением ОМУ +33 т/га, а с внесением сапрпеля +25 т/га к контролю. При $HCP_{05} = 4,1$ т/га прибавка урожая зеленой массы рапса на варианте с внесением ОМУ так же существенна и в сравнении с вариантом сапрпель и составляет 8 т/га, или 15,7 %. Рассматривая весь вегетационный период, можно заметить, что на рост и развитие ярового рапса благоприятно повлияли сложившиеся метеорологические условия года с влажной и теплой погодой, что способствовало дружному появлению всходов как в первом, так и во втором укосе.

В 2016 г. культурой-реагентом являлся овес сорта Горизонт 2^{ой} репродукции. 25 апреля на вариантах: ОМУ, сапрпель, фон внесли азофоску в количестве N; P₂O₅; K₂O 60 кг/га действующего вещества. Затем провели дискование почвы дисковой бороной (БДТ-3). Перед посевом участок заборонвали зубовой бороной «зиг-заг». Посев провели 28.04, норма высева 250 кг/га. После этого посева прикатали гладким катком. 23.05 провели опрыскивание гербицидом «Гранстар» нормой 20 г/га. В период созревания овса 31.08 провели уборку учетных делянок площадью 1 м². Данные представлены на рисунке 3.

Удобрения оказали положительное влияние на продуктивность овса. Прибавка урожая зерна существенна $HCP_{05} = 0,35$ т/га на всех вариантах и составляет по отношению к контролю: 35,5 %; 56,4 %; 72,3 % соответственно вариантам: фон, сапрпель, ОМУ. Данные таблицы подтверждают и пролонгированный характер сапрпеля и удобрений на его основе. Так, через два года после внесения прибавка урожая зерна овса на вариантах сапрпель и ОМУ по сравнению с вариантом фон является существенной и составляет 0,46 и 0,81 т/га соответственно. В сравнении варианта сапрпель с вариантом органо-минеральное удобрение последнее показало досто-

верную прибавку 0,35 т/га зерна. Данные свидетельствуют не только о положительном влиянии сапропеля и удобрения на его основе на рост растений овса, но и о преимуществе его органо-минеральной формы.

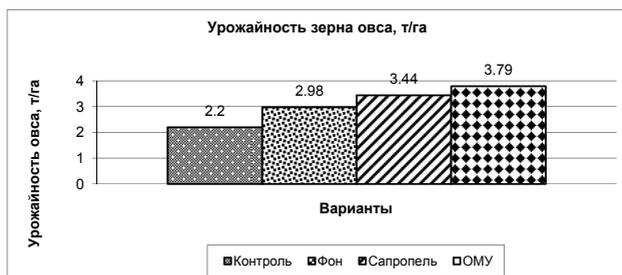


Рис. 3. Урожайность зерна овса в 2016 году

В 2017 г. культурой-реагентом являлся овес сорта Горизонт. 01.05 провели вспашку почвы плугом (ПЛН 3-35). Перед посевом участок зафрезеровали мотоблоком «Хонда». Посев провели вручную 03.05, норма высева 250 кг/га. После посева семена заделали мотоблоком «Хонда». Опрыскивание гербицидом «Гранстар» нормой 20 г/га провели 01.06. В период созревания овса 21.08 провели уборку учетных делянок площадью 1 м². Данные представлены на рисунке 4.

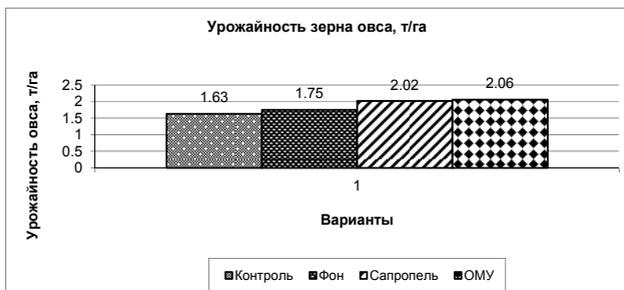


Рис. 4. Урожайность зерна овса в 2017 году

Удобрения оказали положительное влияние на продуктивность овса. Прибавка урожая зерна существенна $HCp_{05} = 0,23$ т/га на всех вариантах и составляет в процентах к контролю: 7,4%; 23,9%; 26,4% соответственно вариантам: фон, сапропель, ОМУ. Данные подтверждают и пролонгированный характер сапропеля и удобрений на его основе. Так, через три года после внесения прибавка урожая зерна овса на вариантах сапропель и ОМУ по сравнению с вариантом фон является существенной и составляет +0,27 и +0,31 т/га соответственно. В сравнении варианта сапропель с вариантом органо-минеральное удобрение последнее не показало достоверную прибавку 0,04 т/га зерна.

Применение органо-минерального удобрения на основе сапропеля в течение четырех лет обеспечило прибавку урожая в расчете на зерновые единицы по сравнению с вариантом фон на 39,8 %, а в сравнении с вариантом сапропель на 12,6 %.

Заключение

Таким образом, данное органо-минеральное удобрение на основе сапропеля, торфа, аморфного кремнезема и минеральных удобрений, повышая урожайность сельскохозяйствен-

ных культур в течение ряда лет, подтверждает характерную особенность сапропелей – постепенную и длительную, до 10–12 лет после внесения минерализацию гумуса, что делает их пролонгированным удобрением, длительно оказывающим влияние на почвенное плодородие.

Литература

1. Хохлова О. Б. Повышение плодородия малопродуктивных и деградированных почв удобрительно-мелиорирующими смесями на основе сапропелей : автореф. дис. ... д-ра с/х наук. – М., 2007.
2. Никитин В. А., Петрунина В. А. Применение торфа и продуктов его переработки в сельском хозяйстве // *Агрохимический вестник*. – 2010. – № 5. – С. 39–40.
3. Кушниренко Ю. Д. Органические удобрения и практика их применения в Челябинской области // *Агрохимический вестник*. – 2010. – № 5. – С. 30.
4. Ивенин В. В., Михалев Е. В., Ивенин А. В. Использование биологических отходов сельскохозяйственного производства в качестве органического удобрения // *Агрохимический вестник*. – 2011. – № 4. – С. 26–28.
5. Шилова Е. Ю. Использование отходов сахарной промышленности для повышения плодородия малопродуктивных почв : автореф. дис. ... канд. с/х наук. – М., 2013.
6. Удобрительный мелиорант и подпочвенное увлажнение как факторы повышения урожайности однолетних трав / Н. А. Иванникова [и др.] // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2015. – № 4. – С. 2–5.
7. Нефедов А. В., Иванникова Н. А., Евсенкин К. Н. Перспективы применения органо-минеральной удобрительной смеси «Сапросил» на деградированных торфяных почвах // *Технологии и технические средства в мелиорации земель и 50-летию образования ВНИИ «Радуга» ФГБНУ ВНИИ «Радуга»* : юбил. Междунар. сб. науч. тр. – Коломна, 2017. – С. 97–102.
8. Нефедов А. В., Иванникова Н. А., Евсенкин К. Н. Приготовление и эффективность применения органо-минерального удобрительного мелиоранта на сработанных торфяных почвах // *Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных ресурсосберегающих технологий в АПК* : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2017. – Ч. 2. – С. 200–205.
9. Иванникова Н. А., Евсенкин К. Н., Нефедов А. В. Изучение влияния органо-минерального удобрения на рост и развитие ярового рапса при двуукосном выращивании // *Научно-практические аспекты технологии возделывания и переработки масличных и эфиромасличных культур* : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Рязань, 3–4 марта 2016 г.). – Рязань: РГАТУ, 2016. – С. 90–96.
10. Изучение влияния нового органо-минерального удобрения на плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур / К. Н. Евсенкин [и др.] // *Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения* : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения). – М.: ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2016. – Т. 1. – С. 199–204.
11. Патент 2566684, Российская Федерация, МПК С 05 F 7/00 (2006.01). Многокомпонентное органо-минеральное удобрение.
12. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапропеля для повышения плодородия деградированных почв / Л. В. Кирейчева [и др.] // *Вестник Рязанского агротехнологического ун-та им. П. А. Костычева*. – 2016. – № 3 (31). – С. 12–17.

УДК 631.74

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАННЕГО КАРТОФЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРАТИРОВАННОГО ТОРФА

*П. И. Пыленок, В. Н. Сельмен, Г. И. Ершова, В. Н. Родькина,
Мещерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация*

Рациональное использование природных ресурсов в мелиорации земель является актуальной научной и практической задачей. Основные направления решения этой задачи, кроме оптимизации водного режима в соответствии с требованиями сельскохозяйственных культур,

состоят в безопасной утилизации дренажных вод для увлажнения осушаемых почв, минимизации применения агрохимикатов для предотвращения их выноса с дренажными водами и последующего антропогенного эвтрофирования водных объектов, а также получения экологически чистой продукции. Решение этих проблем нами осуществляется на основе технологии гидромелиоративного рециклинга [1, 2], применения сидеральных посевов, заменой агрохимикатов гидратированным торфом.

Материалы и методы. Методическую основу научно-исследовательской работы составляют использование экосистемного анализа для обеспечения комплексного подхода к решению вопросов, связанных с предупреждением и устранением негативного воздействия дренажных вод на природные водоемы, повышением экологической надежности мелиоративных систем, а также применение водного баланса как инструмента количественной оценки дренажного стока и формирования природоохранного режима увлажнения.

Апробация технологических решений осуществлена в полевом деляночном опыте, заложенном методом рендомизированных блоков [3] на аллювиальной почве в пойме реки Оки у пос. Солотча (ОПУ «Пойма»), в котором изучалось четыре варианта: ПРУ – природоохранный режим увлажнения в критические фазы роста; «ГТ» – обработка клубней и растений гидратированным торфом, совместное действие изучаемых факторов «ПРУ+ГТ» и контроль.

Площадь опытной делянки при возделывании среднераннего картофеля сорта Красавчик третьей репродукции, полученного методом меристемной культуры, составляла 10 м², повторность четырехкратная, ширина делянки 4 рядка, ширина защитных полос на поливных делянках 2 рядка. Схема посадки картофеля 70х25 см. Картофель возделывался в трехпольном звене севооборота, предшественником являлся сидеральный посев белой горчицы, при посеве которой вносилась фоновая доза извести и нитрофоски.

При проведении исследований использовались приборы немецкого производства. Для определения влажности почвы применялся полевой измеритель влажности (*HH-2 Moisture Meter*) и термостатно-весовой способ, окислительно-восстановительный потенциал и реакция среды измерялись прибором рН-3110. Микробиологическая активность почв по вариантам опыта изучалась в пахотном (20 см) слое по целлюлозоразрушающей активности в двукратной повторности. Время экспозиции составило 113 суток (с 4 мая по 25 августа).

Пахотный слой почвы опытно-производственного участка «Пойма» характеризуется слабобокислой реакцией раствора (экологический риск), хорошей обеспеченностью фосфором, низкой обеспеченностью калием. Уровень плодородия почвы может быть охарактеризован как слабопродуктивная, а степень деградации как среднедеградированная.

Перед посадкой клубни картофеля в соответствующих вариантах в течение двух часов обрабатывали мелкокапельным гидратированным торфом, произведенным в *Обнинском научном центре*. Рабочий раствор готовился смешиванием 100 мл гидратированного торфа и 10 л дренажной воды. Обработка клубней картофеля осуществлялась перед посадкой путем замачивания их в течение 2 часов.

Результаты и обсуждение. За период вегетации картофеля 4.05–25.08.2017 количество атмосферных осадков составило 175,9 мм, что характеризует вегетационный период как средневлажный с относительно неравномерным распределением осадков внутри вегетационного периода. Во время посадки картофеля уровни грунтовых вод находились на глубине 0,77 м, что близко к норме осушения посевного периода для картофеля. В течение вегетационного периода происходило в целом равномерное понижение грунтовых вод, темп которого убыстрялся в засушливые периоды и замедлялся при выпадении атмосферных осадков. К моменту уборки картофеля глубина залегания грунтовых вод составила 1,83 м от поверхности почвы. Влагозапасы в расчетном слое почвы под ранним картофелем фактически изменялись в пределах от 72 % НВ до 104 % НВ и в целом находились в границах оптимального диапазона влажности (0,7 НВ –

НВ), что в целом говорит об оптимальном гидрологическом режиме аллювиальной почвы. В этих условиях потребности в дополнительном увлажнении аллювиальной почвы не возникло.

По вариантам опыта картофельной плантации в предшествующий год [1] не выявлено закономерных тенденций активности почвенно-биотического комплекса при обработке гидратированным торфом. В текущем году степень разложения в вариантах ПРУ изменялась от 69 до 73 %, в вариантах «ГТ» – от 85 до 92 %, в вариантах «Пру+ГТ» – от 85 до 89 %, на контроле – от 69 до 73 %. Средние значения по вариантам опыта показаны на рисунке 1, на котором можно видеть, что в вариантах с гидратированным торфом микробиологическая активность почвы была выше, чем на контроле, на 14–17 % абс.



Рис. 1. Микробиологическая активность аллювиальной почвы в вариантах опыта, 2017 г.

Водопотребление изменялось от 181 до 193 мм (табл. 1) и определялось из уравнения водного баланса расчетного слоя почв (0,4 м) по формуле:

$$E = W_n - W_k + x + \sum m + g$$

где W_n и W_k – влагозапасы в расчетном слое почвы в начале и конце расчетного периода, мм; x – атмосферные осадки за расчетный период, мм; $\sum m$ – сумма поливных норм за расчетный период, мм; g – вертикальный влагообмен между почвой и грунтовыми водами.

Таблица 1. Ресурсоемкость технологии возделывания картофеля сорта Красавчик, ОПУ «Пойма», 2017 г.

Варианты опыта	Урожай жай-ность, т/га	Сезонная норма увлажнения, м ³ /га	Водо-потребление, м ³ /га	Ресурсоемкость, м ³ /т	
				по водо-потреблению	по оросительной норме
ПРУ	18,26	0	1808	99,0	не опр.
ПРУ+ГТ	20,67	0	1926	93,2	не опр.
ГТ	20,42	0	1873	91,7	не опр.
Контроль	17,63	0	1869	106,0	не опр.

Учет урожая был осуществлен сплошным методом (рис. 2). Средняя урожайность картофеля на контроле составила 17,63 т/га, обработка клубней гидратированным торфом повышала урожайность на 2,79 т/га, или 15,8 % (табл. 2). В варианте ПРУ+ГТ урожайность по сравнению с абсолютным контролем выросла на 3,04 т/га, или 17,2 %. Дисперсионный анализ двухфакторного полевого опыта показал (табл. 3), что на 5%-ном уровне значимости эффект от применения гидратированного торфа достоверен ($F_{\phi} < F_{0,5}$).



Рис. 2. Полные всходы (слева) и учет урожая (справа) картофеля сорта Красавчик на опытном участке, 2017 год

Таблица 2. Действие гидратированного торфа на урожайность среднераннего картофеля сорта Красавчик, т/га. ОПУ «Пойма», 2017 г.

Увлажнение (А)	Гидратированный торф (В)		Средние по фактору (А) (НСР ₀₅ =1,067 т/га)
	Не применялся	Применялся	
контроль	17,63	20,42	19,03
ПРУ	18,26	20,67	19,47
Средние по фактору (В) (НСР ₀₅ =1,067 т/га)	17,95	20,55	19,25

Для сравнения частных средних – НСР₀₅= 0,875 т/га

Отметим, что общим фоном в опыте был сидеральный посев, из агрохимикатов применялся только инсектицид против калорадского жука. Результаты опыта по урожайности сопоставимы с показателем средней многолетней урожайности картофеля в хозяйствах всех категорий Рязанской области, которая, по данным регионального Минсельхоза, составила 15,3 т/га¹. Прибавки урожая в опыте могли быть получены при внесении низинного торфа в количестве 10–20 т/га. Если ориентироваться даже на минимальную норму в 10 т/га, можно рассчитать, что экономия торфа в случае применения его гидратированной субстанции оценивается в 10³ раз.

Экологическая эффективность определена по показателю ресурсоемкости изучаемых технологий (табл. 1), который определялся по общему водопотреблению. По экономии расхода воды на единицу продукции наиболее эффективными оказались варианты с применением гидратированного торфа: «ГТ» – 91,7 м³/т, «ПРУ+ГТ» – 93,2 м³/т, далее следуют «ПРУ» – 99,0 м³/т и «контроль» – 106,0 м³/т. Экономия воды от применения гидратированного торфа по сравнению с контролем изменялась от 5,9 до 13,5 %.

Заключение

1. В полевом деляночном опыте на пойменных землях р. Оки в 2017 г. было продолжено изучение эффективности рециклинговой технологии с применением гидратированного торфа при возделывании среднераннего картофеля Красавчик третьей репродукции.

¹ <http://www.ryazagro.ru/news/6809/>

2. В условиях влажного по теплоголагообеспеченности вегетационного периода сельскохозяйственных культур и отсутствии паводкового затопления опытного участка весной сформировался водный режим почвы под ранним картофелем, характеризующийся средним за период наблюдений уровнем грунтовых вод 1,43 м от поверхности. Влажность почвы в корнеобитаемом слое почвы в основном формировалась под действием гидрометеорологических факторов и была близка к оптимальной. Дополнительное увлажнение почвы под картофелем не требовалось.

3. Во всех вариантах опыта получена экологически чистая продукция. Средняя урожайность картофеля сорта Красавчик на контроле составила 17,63 т/га при средней урожайности картофеля в Рязанской области 15,3 т/га. Обработка клубней гидратированным торфом повышала урожайность на 2,41–2,79 т/га, или 15,8 %. Дисперсионным анализом установлено, что эти прибавки достоверны на 5%-ном уровне значимости.

4. Экологическая эффективность технологий определена по показателю ресурсоемкости изучаемых технологий возделывания среднераннего картофеля сорта Красавчик. По общему расходу воды на единицу продукции наиболее эффективными оказались варианты с применением гидратированного торфа – 92,4 м³/т. Экономия воды от применения гидратированного торфа по сравнению с контролем составила 4,2–14,3 м³/т, или в среднем 8 %. Расход торфа благодаря применению гидратированной субстанции сокращается в 10³ раз.

5. В годы с благоприятными гидрологическими условиями для возделывания сельскохозяйственных культур, когда отсутствует необходимость использования дренажных вод для увлажнения, требуется разработка дополнительных способов утилизации дренажных вод.

Литература

1. Ресурсосберегающая технология возделывания раннего картофеля на аллювиальной почве Окской поймы / П. И. Пыленок [и др.] // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных ресурсосберегающих технологий в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Рязань: ФГБОУ ВО РГТАУ, 2017. – Ч. 1. – С. 401–407.

2. Пыленок П. И., Сидоров И. В. Природоохранные мелиоративные режимы и технологии. – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 323 с.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973.

УДК 631.842

ВКЛАД ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ В УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Н. В. Реброва, Е. С. Энзекрей,

*Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева,
Российская Федерация*

Одна из стратегических задач в работе АПК России – обеспечение возрастающих потребностей страны высококачественным продовольственным и фуражным зерном. Тритикале в связи с этим является одной из перспективных культур, которая способна решить поставленные задачи. Тритикале – это новый вид, представляющий собой гибрид пшеницы и ржи, который совмещает в себе ценные качества двух культур.

В России тритикале выращивается в незначительных, относительно общей площади посевов, объемах. Посевные площади в основном сосредоточены в Белгородской, Воронежской, Волгоградской и Ростовской областях. Возможно, это связано с недостаточной изученностью

агротехники тритикале, так как в сельскохозяйственном смысле она достаточно молодая. Вопрос рационального применения удобрений на яровой тритикале также еще недостаточно изучен [1, 2]. Особенно это касается новых сортов, к которым относится и сортообразец Тимирязевская, выведенный в РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева коллективом авторов.

Исследования проводились в 2016 г. на Полевой опытной станции РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. В качестве объекта исследований был изучен новый сортообразец яровой тритикале Тимирязевская. Цель исследований – изучить особенности формирования биологической урожайности и определить вклад тех или иных элементов продуктивности в общий урожай яровой тритикале в зависимости от применяемых доз азотных удобрений.

Сложившиеся погодные условия вегетационного периода 2016 г. в целом были благоприятными для роста и развития яровой тритикале. Температура воздуха не сильно отличалась от среднесезонных данных. Осадки были или на уровне со среднесезонными данными, или превышали их.

Азотные удобрения вносили согласно схеме опыта в виде аммиачной селитры (NH_4NO_3), содержащей 34 % азота, в два срока – первая подкормка сразу после посева с шагом от 30 до 150 кг д. в-ва/га и подкормка в дозе 30 и 60 кг д. в-ва/га в вариантах $\text{N}_{90}+\text{N}_{30}$ и $\text{N}_{90}+\text{N}_{60}$ – в фазу выхода в трубку.

Опыты заложены в 3-кратной повторности, размещение вариантов рандомизированное. Площадь опытной делянки составляла 5 м². Внесение удобрений осуществлялось вручную.

Согласно разным источникам биологическая урожайность – это урожайность, полученная в полевых условиях перед уборкой, определяемая расчетным путем. Она дает предварительные представления о величине урожая и его элементах, зависит от густоты стояния растений на единице площади перед уборкой и общей продуктивности одного взятого растения. После сопоставления урожайности, полученной в хозяйстве в ходе комбайновой уборки, и величины биологической урожайности оценивают причины расхождений [3]. Тщательный анализ позволит сделать правильный вывод и усовершенствовать технологию возделывания: уменьшить или увеличить норму высева, определить оптимальные сроки сева, определить оптимальные нормы внесения удобрений.

Для определения элементов продуктивности, наиболее сильно повлиявших на биологическую урожайность тритикале в 2016 г., перед уборкой были отобраны пробные снопы, в которых были проанализированы следующие показатели: количество растений, сохранившихся к уборке, общая и продуктивная кустистость, количество зерен в колосе, масса зерна с колоса, масса соломы. После проведенного снопового анализа были выявлены наиболее эффективные подкормки азотными удобрениями, оказавшие наибольшее влияние на биологическую урожайность тритикале. На варианте N_{90} (при посеве) и варианте N_{120} биологическая урожайность составила 1029 и 960 г/м² соответственно. Несмотря на то, что прибавки по сравнению с контролем были зафиксированы на всех вариантах опыта, кроме варианта N_{30} , достоверными они были только на двух указанных вариантах (табл. 1).

На каждую тонну основной продукции в зависимости от культуры, сорта, урожайности и агротехники формируется от 30 до 200 % побочной. Соотношение хозяйственно ценной части и побочной продукции яровой тритикале в 2016 г. составило от 1:1. Небольшое влияние азотных удобрений на соотношение основной и побочной продукции, возможно, связано с тем, что в изучаемом сортообразце присутствует ген короткостебельности, который контролирует высоту растений даже при избыточной обеспеченности азотными удобрениями.

Биологическая урожайность может складываться из двух основных элементов: продуктивной кустистости и массы зерна с колоса. Так, в ходе изучения вклада органов растений в биологическую урожайность было установлено, что самая большая биологическая урожайность была получена на вариантах N_{90} и N_{120} . В первом случае она была достигнута за счет большой

массы зерна с колоса – 2,1 г и достаточно высокой кустистости – 1,6 стебля. А на варианте N_{120} , наоборот, самая большая кустистость – 1,8 стебля оказалась компенсирована относительно маленькой массой зерна с колоса 1,7 г. В этом случае небольшая масса зерна с колоса при высокой кустистости может быть объяснена тем, что из-за большего количества стеблей не все зерна в колосе хорошо развиваются.

Таблица 1. Структура урожая яровой тритикале

Вариант	Кустистость продуктивная, шт./растение	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса г/колос	Масса соломы, г/м ²	Биологическая урожайность зерна, г/м ²
1. Контроль	1,1	38,7	1,8	623	646
2. $N_{30}+N_0$	1,0	46,1	1,9	554	589
3. $N_{60}+N_0$	1,3	42,9	2,0	754	794
4. $N_{90}+N_0$	1,6	42,5	2,1	954	1029
5. $N_{120}+N_0$	1,8	34,8	1,7	1001	960
6. $N_{150}+N_0$	1,3	42,1	2,0	768	831
7. $N_{90}+N_{30}$	1,5	41,0	2,0	773	836
8. $N_{90}+N_{60}$	1,3	39,0	1,8	659	710
НСР ₀₅	0,5	8,7	0,6	226	250

Делая заключение по данной работе, можно сказать, что технологии возделывания тритикале должны быть направлены на получение как оптимальной кустистости (2–3 продуктивных стебля), так и хорошего выполненного зерна с каждого колоса не менее 2 г. В условиях 2016 г. оптимальной дозой азотных удобрений является N_{90} .

Литература

- Ковтуненко В. Я., Панченко В. В., Дудка Л. Ф. Продуктивность яровой тритикале и элементы ее структуры // Тритикале : материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Роль тритикале в стабилизации и увеличении производства зерна и кормов». – Ростов н/Д, 2010. – С. 90–95.
- Инновационные сорта и технологии возделывания ярового тритикале / А. М. Тысленко [и др.]. – Иваново: ПресСто, 2017. – С. 295
- Щукина О. А., Энзекрей Е. С. Прогнозирование потенциальной урожайности яровой тритикале // Инновационная деятельность в модернизации АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Курск: КГСХА им. профессора И. И. Иванова, 2017. – С. 163–165.

УДК 631.45:631.87

ВЛИЯНИЕ ШУНГИТА НА РОСТ РАСТЕНИЙ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ОПЫТА

В. А. Сидорова,

*Институт биологии Карельского научного центра РАН,
г. Петрозаводск, Российская Федерация*

В России, несмотря на ее огромную территорию, относительно немного регионов имеют благоприятные природно-климатические условия для развития растениеводства. Достаточно сказать, что более двух третей территории страны (примерно 70 %) относят к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям. Однако, хотя товарное аграрное производство не приносит там высокой прибыли, сохранение сельских поселений, ориентированных на сельско-

хозяйственную деятельность, крайне важно с социальной точки зрения, а также для обеспечения региональной продовольственной безопасности и импортозамещения.

Важной задачей остается и сведение к минимуму негативного воздействия аграрного производства на среду обитания, так как восстановление последней в условиях Севера осуществляется крайне медленно, требуя многих лет и существенных вложений.

В связи с этим актуальной задачей является поиск и тестирование инновационных удобрений, дружественных по отношению к окружающей среде (так как в течение XX века потенциал использования традиционных минеральных и органических удобрений в значительной степени был исчерпан). В этом отношении большим потенциалом обладают удобрения на основе углистых веществ (шунгит и биоуголь), которые могут дать толчок дальнейшему росту производительности в сельскохозяйственном секторе, при этом не нанося ущерба окружающей среде, а напротив, способствуя сокращению выбросов CO_2 и N_2O .

Под названием «шунгит» объединяются обычные в Средней Карелии протерозойские сланцы, содержащие варьирующее количество слабо оструктуренного графитообразного углерода. Шунгитовые породы – уникальное образование. Они необычны по генезису, структуре входящего в их состав углерода и структуре самих пород. Шунгитовый углерод – это окаменевшая древнейшая нефть. В современном состоянии – аморфный, некристаллизирующийся, фуллереноподобный углерод. Его содержание в породе около 30 %, а 70 % составляют силикатные минералы – кварц, слюды. Силикатные минералы имеют высокую дисперсность и равномерно распределены в углеродной матрице. Свойства шунгитовой породы определяются двумя факторами: во-первых, свойствами шунгитового углерода, во-вторых, структурой породы, взаимоотношениями углерода и силикатов. Шунгитовый углерод обладает высокой активностью в окислительно-восстановительных процессах, сорбционными и каталитическими свойствами и находится в тесном и очень развитом контакте с силикатами [1].

В Республике Карелия в ряде мест Заонежья почвенный слой образован шунгитами, которые характеризуются высоким плодородием. Объяснения этому явлению давали разные. Так, П. А. Борисов (1956) считал, что оно обусловлено черным цветом почв и присутствием микроэлементов. Такие почвы обладают большой теплоаккумулирующей способностью, благодаря чему в почвенном слое создается более благоприятный тепловой режим. М. А. Тойка и А. П. Кекконен (1946) объясняли плодородие шунгитовых почв наличием в них повышенного содержания микроэлементов, в частности меди, цинка, кобальта, молибдена.

Промышленные запасы шунгитов к началу XXI века обнаружены исключительно в Карелии. Учитывая географическую локальность распространения шунгитов и связанную с этим ограниченность их запасов, необходимо предельно разумно и расчетливо распорядиться этим уникальным полезным ископаемым [4].

В Карелии утилизация порошкообразных отходов от разработки шунгитовых месторождений и дальнейшей переработки минерала является актуальной экологической проблемой. Применение отходов шунгита в сельском хозяйстве – один из вариантов рационального природопользования в регионе [5, 6].

Работ, посвященных влиянию шунгита на рост, развитие и продуктивность растений, а также механизмам действия этих веществ на растения, крайне мало, а в рецензируемых журналах практически нет. Первые исследования возможности использования шунгита как удобрения относятся к 1936 г. [3]. Было установлено, что лучше всего шунгит действовал на оподзоленном суглинке, менее эффективно было действие на низинном болоте, а также что примененный в больших дозах шунгит может заменить калий минерального удобрения. В работе [7] отмечено возможное проявление высокого эффективного действия шунгита как мульчирующего материала.

Институтом биологии КарНЦ РАН в 1975–1977 гг. проведены лабораторные исследования и вегетационные опыты по оценке шунгитсодержащих доломитов Кяпсесельгского месторождения в качестве агрокарбонатного сырья [8]. По результатам вегетационных опытов было

отмечено, что внесение в почву шунгитосодержащих доломитов способствовало значительной прибавке урожая ячменя, горчицы и люцерны по отношению к фону NPK. Также внесение шунгитовых доломитов в почву вызвало существенные изменения кислотных свойств минеральной почвы и верхового торфа.

Трехлетние полевые наблюдения показали, что по действию на урожай тимopheевки луговой шунгитосодержащий доломит не уступает известковой муке, а также оказывает существенное влияние на кислотные свойства почвы и содержание обменных оснований [9].

Отмечено положительное влияние шунгитосодержащих удобрений на рост и развитие картофеля. Так, иммунологическая оценка по устойчивости картофеля к болезням после уборки клубней показала высокую эффективность шунгитов в ограничении развития фитопатогенов [5].

Анализ литературных источников позволил заключить, что действие шунгита можно считать многосторонним, однако возможности и эффективность его использования в сельском хозяйстве еще не до конца изучены. Эффективность использования шунгитов зависит от многих факторов: погодные условия (возможное проявление высокого эффективного действия шунгита как мульчирующего материала, а также способность удерживать почвенную влагу), от типа почвы, способа и дозы внесения шунгита. Но при этом отсутствует информация о влиянии степени размола шунгита на его действие.

Нами исследовалась динамика изменения почвенных свойств при внесении шунгитов и эффективность воздействия шунгитов на рост и развитие растений. Был заложен ряд вегетационных и полевых опытов.

Проводилось исследование изменения почвенных свойств различных почв в результате компостирования с различными дозами и фракциями шунгита. Установлено, что при компостировании почв с шунгитом в чистом виде не происходит значимых изменений уровней pH независимо от дозы и фракции шунгита, но отмечается увеличение содержания углерода в почве. Значимое увеличение содержания углерода в почвах отмечено при дозе внесения шунгита 10 г/кг почвы. Причем если на суглинистых почвах это увеличение отмечено только для фракции шунгита 0,5 мм, то на супесчаной почве это увеличение отмечено также для фракции шунгита 2–4 мм. При дозе шунгита 5 г/кг почвы значимых изменений содержания углерода не отмечено.

Исследование влияния различных доз и фракций шунгита на рост и развитие растений проводилось на модельных опытах с ячменем и луком. Использовались два варианта доз шунгита и три варианта фракций: шунгит 0,5 мм, шунгит 2–3 мм и готовая шунгит-доломитовая смесь. Результаты исследований показали, что внесение шунгита в дозе 5 г/кг не оказывает значимого эффекта на рост и развитие растений. При дозе 10 г/кг наблюдается положительный эффект на длину листа: у лука во всех вариантах фракций шунгита, у ячменя – только для фракции 0,5 мм. В варианте с шунгит-доломитовой смесью отмечено увеличение количества листьев у лука. Также в ходе вегетационных опытов отмечено, что при добавлении шунгит-доломитовой смеси происходит существенное изменение уровня pH в почве. Однако за счет снижения доли чистого шунгита в смеси не наблюдается изменений содержания углерода. Наибольшее увеличение содержания углерода в почве наблюдается при варианте шунгит 0,5 мм и дозе 10 г/кг.

Также проводились полевые опыты по исследованию влияния различных фракций шунгита на урожайность картофеля. Использовались три варианта фракций шунгита: шунгит 0,5 мм, шунгит 2–3 мм и готовая шунгит-доломитовая смесь. Доза внесения была одна для всех вариантов – 1 кг/м² при локальном способе внесения. Установлено, что при локальном внесении не наблюдается значимого воздействия шунгита на почвенные свойства, но наблюдается положительный эффект на урожайность картофеля в случае внесения мелкой фракции шунгита. Отмечено значимое увеличение урожайности с куста и поперечного диаметра клубня, а также увеличение выхода клубней крупной фракции.

Исследования были выполнены в рамках государственного задания (тема № 0221-2014-0036).

Литература

1. Калинин Ю. К. Шунгит – уникальный природный материал Карелии многоцелевого применения // Горный журнал. – 2012. – № 5. – С. 58–61.
2. Борисов П. А. К вопросу об агрономическом использовании черных углистых сланцев Ленинградской области и Карелии // Известия Карело-фин. науч.-исслед. базы АН СССР. – 1948. – № 4. – С. 3–11.
3. Тойкка М. А., Кекконен А. П. Шунгит как удобрение // Ученые записки Карело-финского государственного университета. – 1946. – Т. 1. – С. 214–268.
4. Калинин Ю. К. Экологический потенциал шунгита // Шунгиты и безопасность жизнедеятельности человека : материалы Первой Всерос. науч.-практ. конф. – Петрозаводск, 2007. – С. 5–7.
5. Котова З. П. Шунгитсодержащие удобрения // Агрохимический вестник. – 2006. – № 6. – С. 31–32.
6. Тимейко Л. В., Кузнецова Л. А. Использование отходов переработки минерала шунгит в картофелеводстве Карелии // Наука на рубеже тысячелетий. – 2010. – № 9. – С. 64–65.
7. Макарова Е. С., Тимофеева В. И. К вопросу об использовании шунгита в качестве удобрения // Учен. зап. Петрозавод. гос. ун-та. – 1958. – Т. IX. – Вып. 3: Биологические и сельскохозяйственные науки. – С. 205–217.
8. Волкова В. И., Будыкина Н. П. Шунгитсодержащие карбонатные породы как сырье для известкования кислых почв // Минеральное сырье Карелии. – Петрозаводск: Карел. ф-л АН СССР, 1977. – С. 179–188.
9. Синькевич Е. И. Эффективность шунгитсодержащего доломита Кяппесельгского месторождения как известкового материала // Продуктивность торфяных почв под луговыми агроценозами. – Петрозаводск: Карел. ф-л АН СССР, 1981. – С. 78–86.

УДК 631.84

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ВНЕСЕНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАНИЙ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

О. А. Щуклина, Н. Н. Лангаева,

Российский государственный аграрный университет –

Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева,

Российская Федерация

Современные технологии выполнения различных агромероприятий направлены на получение высоких и стабильных урожаев при рациональном использовании средств. В системе точного земледелия есть несколько приемов, в которых производители сельхозтехники предлагают рациональные решения по дифференцированному внесению пестицидов, семян и удобрений. Вот несколько из них:

1. Дифференцированный по площади посев семян. Дифференциация заключается в разнице почвенного покрова и рельефа поля. Такой посев проводят, предварительно убедившись, что разница во всхожести и дальнейшей урожайности на разных участках поля превышает 10–15 ц/га, иначе экономический эффект от такого внесения будет отсутствовать.

2. Дифференцированное внесение гербицидов в системе off-line осуществляется по данным распределения многолетних сорняков на поле или по данным спутниковых съемок, является достаточно затратным мероприятием и мало используется в сельском хозяйстве. Целью точного применения фунгицидов является нанесение примерно одинаковой концентрации фунгицида на единицу растительной поверхности. Этот принцип также действует при применении гербицидов сплошного действия, поэтому часто этот прием используется в режиме on-line при непосредственном применении сенсорных датчиков.

3. Дифференцированное внесение основного удобрения по результатам предварительно заданной карты-задания, которая, в свою очередь, построена по данным агрохимического обследования.

4. Дифференцированное внесение жидких и сухих азотных удобрений. Это может быть сделано как в режиме off-line, по предварительно построенным картам-заданиям, актуально для основного внесения, так и в режиме on-line по результатам данных, полученных с помощью сенсорных датчиков, эти данные считываются непосредственно перед внесением. В основном этот способ применяется для подкормки по вегетирующим растениям.

Исследования проводятся под научно-методическим руководством старшего научного сотрудника ВНИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, доктора сельскохозяйственных наук Афанасьева Рафаила Александровича на Полевой опытной станции РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, результаты ежегодного агрохимического обследования почвы показывают, что она хорошо обеспечена подвижными формами фосфора и калия и средним содержанием гумуса. На опытном поле имеются небольшие перепады рельефа и эрозионно-опасные участки, что обеспечивает нам разность в почвенном покрове, а значит, позволяет дифференцировать внесение азотных удобрений. Вариативность опытного участка по калию составляет 13 %, по фосфору 26,8 %, по азоту 46,7 %, что является сильной вариативностью.

Цель исследований: обосновать дифференцированное внесение азотных удобрений в посевах ярда сельскохозяйственных культур на основе сенсорного датчика GreenSeeker.

Схема опыта каждый год включает три варианта: контроль (без подкормки азотными удобрениями); внесение подкормки рекомендуемой фиксированной дозой для определенной культуры; дифференцированное внесение азотных удобрений на основании данных, полученных с помощью оптического датчика, дозой, варьирующей от рекомендуемой.

Для того чтобы дифференцировать дозу вносимых удобрений, были сняты показания со всей площади посевов при помощи оптического датчика GreenSeekerRT 200 производства фирмы NTechIndustries. Эта система базируется на оптических датчиках, каждый из которых имеет свой источник света и может использоваться в любое время суток (в том числе в тумане). Он излучает красные и ближние инфракрасные лучи, которые, отражаясь от растений, попадают на фотодиод, расположенный в головной части датчика. Таким образом, система GreenSeeker RT 200 измеряет индекс вегетации биомассы NDVI, затем сравнивает полученное значение индекса со средним заданным значением в режиме реального времени и определяет, сколько азотных удобрений надо внести на данном участке поля.

В 2015 г. объектом исследований был ячмень яровой сорта ТСХА. После обследования посевов в программе SMSAdvanced была построена карта. В данном случае эта карта нужна лишь для того, чтобы визуализировать полученные данные.

На опытном поле в фазу выхода в трубку наблюдались участки, на которых индекс NDVI был низким – от 0,25 до 0,31 и достаточно высоким 0,68–0,71. Низкий индекс NDVI был зафиксирован на участках поля с пониженным содержанием фосфора, образовавшимся в результате смыва почвы. В среднем по опыту в фазу выхода в трубку индекс NDVI составил 0,49, это достаточно низкий показатель, который говорит о том, что растения на большинстве участков нуждались в подкормке. После обследований согласно полученным данным была внесена подкормка азотными удобрениями, дифференцированные дозы внесения азота варьировали от 64 и до 117 кг д. в-ва/га.

После окончания цветения была проведена повторная диагностика посевов ячменя. На этот раз средний показатель индекса NDVI по всему опыту с внесением удобрений составил 0,62, что на 0,2 единицы больше, чем до внесения удобрений. На контроле он варьировал от 0,27 до 0,68 на делянках с применением удобрений фиксированной дозой от 0,52 до 0,75. На делянках с дифференцированным внесением удобрений он составлял от 0,55 до 0,79, что является максимальным показателем в данную фазу.

Корреляционная зависимость урожайности с данными стеблевой и фотометрической диагностики и высотой растений по фазам вегетации

Показатель	Контроль	Фиксированная доза	Дифференцированная доза
Стеблевая диагностика в фазу выхода в трубку	0,30	0,24	0,02
Стеблевая диагностика в фазу начала молочной спелости	-0,01	0,01	-0,17
GreenSeeker в фазу выхода в трубку	-0,05	0,16	-0,15
GreenSeeker в фазу формирования зерна	0,70	0,12	0,37
GreenSeeker в фазу молочной спелости	-0,14	-0,24	0,04
Yara в фазу выхода в трубку	-0,09	0,06	-0,39
Yara в фазу молочной спелости	0,70	0,51	0,36
Высота растений в фазу выхода в трубку	0,06	0,25	0,67
Высота растений в фазу молочной спелости	0,52	0,33	0,56

В таблице представлена корреляционная зависимость полученной урожайности на каждой делянке опыта от нескольких показателей. Баллы стеблевой диагностики наиболее сильно коррелировали с урожайностью в фазу выхода в трубку на контроле и на фиксированной дозе 0,3 и 0,24 соответственно, что говорит о том, что вариабельность урожайности в этом случае зависела от почвенного плодородия, а не от применяемых агроприемов.

Индекс NDVI, полученный с N-сенсора GreenSeeker, наиболее сильно коррелировал с урожайностью в фазу формирования зерна на контроле, это также говорит о том, что урожайность зависела от агрохимического состава делянки, следовательно, индекс в эту фазу отражал, в каком состоянии растений и какой урожай будет получен на этих делянках. Также довольно тесная корреляция 0,37 была зафиксирована в ту же фазу на дифференцированном внесении. Значит, внесенные удобрения повлияли на состояние растений и на будущую урожайность. Данные, полученные с N-тестера Яра, наиболее сильно коррелировали с урожайностью на всех вариантах опыта в фазу молочной спелости.

Такой показатель, как высота растений, тесно коррелировала с урожайностью на всех вариантах опыта в фазу молочной спелости, поэтому более высокие и выровненные посевы имели более высокую урожайность и наоборот.

Полученная урожайность на опытных делянках варьировала в следующих пределах: на контроле от 2,23 до 4,13 т/га, на нескольких единичных делянках урожайность достигала 5 т/га; в среднем 3,49 т/га. На делянках с применением удобрений фиксированной дозой урожайность варьировала от 3,86 до 6,19 т/га, в среднем 5,10 т/га. На делянках с применением удобрений дифференцированным способом урожайность варьировала от 4,65 до 6,73 т/га, в среднем 5,45 т/га.

При проведении статистической обработки по методике профессора Р.А. Афанасьева, по которой при большом количестве повторений и сильном варьировании данные ранжируются в возрастающем порядке, установлено достоверное превышение урожайности ярового ячменя при применении дифференцированного внесения азотных удобрений не только над контролем, но и при применении подкормок фиксированной дозой. Что, несомненно, говорит о преимуществе дифференцированного внесения азотных удобрений.

Литература

1. Щуклина О. А., Белоусова К В., Литвинский В. А. Принципы фотометрической диагностики азотного питания растений // Доклады Тимирязевской сельскохоз. академии. – М., 2011. – № 283. – С. 93.
2. Роботизация агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур / В. Г. Сычев [и др.] // 75 лет Географической сети опытов с удобрениями : материалы Всерос. совещания науч. учреждений – участников Географической сети опытов с удобрениями. – М.: ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2016. – С. 257–266.

5. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ BIBLIOGRAPHIC INFORMATIONAL SECTION

1. Современные экологически безопасные мелиоративные технологии Modern Ecologically Safe Land-Improvement Technologies

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ УРОЖАЯ

А. П. Лихацевич,

Институт мелиорации, г. Минск, Республика Беларусь

Key words

Mathematical modeling, adjustable factors of plant habitat, feeding regime, soil moisture level, productivity.

Summary

Structural mathematical model of environment impact on agricultural productivity is tested. Theoretical curve and experimental data of Russia have high statistical indicators of matching what proves model accuracy. Generalized crop model is suitable for various conditions and specifies results of experiments which accuracy rises by considering wide range of productivity factors during multiple field experiment.

К ВОПРОСУ ГЛАВНЫХ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ АПК

Ю. А. Мажайский, Я. В. Бочкарев,

ООО «Мецкерский научно-технический центр», г. Рязань, Российская Федерация

Key words

Technical and technological solutions, irrigation facilities, reconstruction of reclamation systems, automation of reclamation processes, the environmental rationale for the use of reclamation systems.

Summary

The article considers modern problems of land reclamation and agricultural use of reclaimed lands as well as major foundations of the scientific-technical concept of land reclamation in present conditions of development in the southern part of the Nonchernozem zone of the Russian Federation.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ОБВОДНОМ ЧУЙСКОМ КАНАЛЕ-БЫСТРОТОКЕ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Д. У. Алиев¹, Н. П. Лавров²

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация

Key words

Chute-channels, validation of flow stability, water distribution facilities, cross-border channel, well rush of water.

Summary

The Article defines the results of analyzes the existing water distributors constructions, and also the choosing of water dividers for the Chui chute-channel in the Kyrgyzstan.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ПОВОРОТА БУРНОГО ПОТОКА НА ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ

О. В. Атаманова¹, Г. С. Аджыгулова²

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., Российская Федерация;

²Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Key words

Rough flow, irrigation canal, turntable.

Summary

A new improved turnstile is proposed for canals with a rapid current. The basis for its calculation is given.

ТЕХНОЛОГИЯ БИОАКТИВАЦИИ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Г. И. Еришова, В. Н. Родькина,

Меуцерский филиал ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, г. Рязань, Российская Федерация

Key words

Installation of «LUAS-1», irradiation of seeds, energy of germination.

Summary

Studies have shown the effectiveness of laser treatment of inoculum. The experimental installation LUAS-1 is recommended for wide implementation in production.

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЩЕРСКОГО ЛЕСОЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА И НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗВИТИЯ ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ

О. А. Захарова¹, К. Н. Евсенкин²,

¹Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева;

²Меуцерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Рязань, Российская Федерация

Key words

Forest, forest melioration, ecology, forest management, climate.

Summary

The total area of forest Fund lands amounts to more than 875 thousand ha. the Climate of the Ryazan region is moderately continental, but is characterized by intermittent hydration. Forest cover is uneven. Medeski forest economic district is the most forested. The effects of fire 2010 manifest and present. Forest acadeny significantly reduced. It is necessary to conduct measures for the protection and reproduction of problems and the development of forest reclamation.

ЭКОЛОГО-ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ РАЗНЫХ ВИДОВ ДРЕНАЖА НА ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ

И. В. Ковалев,

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация

Key words

Gleyicagrogray soils, water regime, plastic and ceramic drainage.

Summary

Mein features of water regime of light grey forest soils displaying different gleyization rate in years with different moistening were studied. Two layers of surface water appear in gleyish soils in spring and fall, hence, the yields decrease or crops die. Drainage is shown to eliminate surface water. Ceramic trench and plastic nontrench drainage exert similar agroecological and hydrological effects on soils under examination.

КООРДИНАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ

Е. А. Кузьмин, Д. С. Полозов, А. Е. Кузьмин,

Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель, г. Тверь, Российская Федерация

Key words

Labeled liquid, peat deposit.

Summary

The coordinate method is a visual and simple method for studying the water-physical and structural parameters of a peat deposit, which makes it possible to determine the horizontal and vertical rates of the ground flow, the presence of water-conducting interlayers and water closures. In the peat deposit, the behavior of two labels was compared: saline (NaCe) and stable (D2O), by means of which the coinciding regions of the distribution of labeled fluids were obtained. This indicates the identity of the behavior of these labels in the deposit and their interchangeability.

НЕОБХОДИМОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДОСБРОСА КУРПСАЙСКОЙ ГЭС НА РЕКЕ НАРЫН

А. Э. Мадумаров, Н. П. Лавров,

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Российская Федерация*

Key words

Hydroelectric power station, water discharge, surface spillway, field observation, water-power monitoring, water head.

Summary

This article substantiates the need for reconstruction of the surface spillway of the Kurpsai hydroelectric power station basing on water-power monitoring, hydraulic computations and field observations.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПК MIKE В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБВОДНЕНИЯ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ

Ю. А. Мажайский, Л. Ю. Макарова, Ю. В. Ковешников, А. Н. Кузьмин,

ООО «Меццерский научно-технический центр», г. Рязань, Российская Федерация

Keywords

Peat bogs, renaturalization, modeling, flooding, water balance.

Summary

The article presents the use of numerical simulation in the software package MIKE 21 during the execution of design works on objects in the framework of the project "Restoring peatlands in Russia-for the purposes of preventing fires and mitigating climate change": an analysis of water resources at the field in summer-autumn low-water period, taking into account all components of the water balance; numerical and time parameters, allowing to estimate the required volumes of water for the maximum possible area of watering; the location, dimensions and elevation settings of jumpers, for passing the spring flood 5% availability (the height jumper of the crest) and 95% availability (for definition of the geometrical dimensions of the jumpers).

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОТЕНЦИАЛ ВЛАГИ В ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ В ОСЕННЕМ И ЗИМНЕМ ПЕРИОДАХ ГОДА

*Н. А. Муромцев¹, Ю. А. Мажайский², Н. А. Семенов³, К. Б. Анисимов¹, В. В. Грибов¹,
В. Г. Витязев⁴,*

¹ Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАН, г. Москва, Российская Федерация;

² Меццерский филиал ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, г. Рязань, Российская Федерация;

³ Институт кормов им. В. Р. Вильямса, г. Лобня Московской области, Российская Федерация;

⁴ МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Keywords

Water potential, soil temperature, moisture, aeration zone, the lowest moisture content, precipitation, moisture diffusion.

Summary

The features of the formation of the speaker and potential temperature at various levels of the soil profile. The influence of soil temperature in the range of its high positive values on the dy-

namics of soil water potential. All kinds of lower potential moisture occur in connection with the increase of moisture content. The increase of its content is due to atmospheric precipitation and by pulling moisture from the underlying layers. In winter and in periods with negative temperature, – by diffusion of moisture vapor, and thawed soil and in liquid form.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ

В. А. Насибяни, М. Н. Шаммедов,

*Туркменский сельскохозяйственный университет им. С. А. Ниязова,
г. Ашхабад, Туркменистан*

Key words

A solar power plant, forage, drying, solar energy, quality.

Summary

For improvement of quality of prepared forages in work results of researches on creation of a strong forage reserve for country cattle breeding are resulted. The proved recommendations about efficiency of use of a solar energy are given at preparation of high-quality forages for the winter period. In work the scheme and a principle of work of a solar power plant for drying of forages are presented, its technical and economic indicators are resulted. Use of a solar energy for reception of hay of high quality will allow to lower the expense of forages, to increase manufacture of livestock products and to improve their quality.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГЕЛИОУСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ ТРАВ

В. А. Насибяни, М. Н. Шаммедов

*Туркменский сельскохозяйственный университет им. С. А. Ниязова,
г. Ашхабад, Туркменистан*

Key words

A solar power plant, grasses, drying, solar energy.

Summary

Energy saving at drying of agricultural production is a problem of the social significance which urgency is caused by exhausting of stores of organic fuel at fixed growth of power consumption in all countries. In a paper the design procedure of the basic design data of a solar power plant for drying of grasses is offered. Taking into account the offered technique calculation of an experimental solar power plant by capacity of 100 kg/hour which is examined in the industrial conditions for drying of lucerne with use solar energy is fabricated. Results of experimental researches of installation confirmed correctness of designed methodical positions.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

А. В. Нефедов, Н. А. Иванникова,

*Мещерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация*

Key words

Simulation model, irrigation rate, modified irrigation regime, infiltration runoff, monitoring, productivity, perennial grasses, agrocoenosis.

Summary

The article shows the results of using the estimated values of the simulation model of agroecosystem to assess the impact of irrigation on yield and some environmental parameters of the environment status. To reduce the anthropogenic load on the soil, a modified irrigation regime was obtained in scenario studies using the simulation model of perennial grasses, providing a close (statistically indistinguishable) productivity with the best irrigation regime option (irrigation norm of 2250 m³) and with a significant decrease in the infiltration flow volume. The obtained results show the possibility of effective control of technological process with the use of agroecological monitor-

ing information and dynamic models of agro-ecosystem (for its analysis) and subsequent development of technology solutions. The use of a process control system in crop production, including components of agroecological monitoring, a model of soil fertility and a dynamic model of agrocenosis, makes it possible to monitor the ecological state of agro-landscape components, including agroecosystems, to optimize the technological process both in the direction of reducing the anthropogenic load on natural components and improving efficiency of the technologies of cultivation of agricultural crops.

МЕЛИОРАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ РОЛИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. В. Нефедов, Н. А. Иванникова,

Меузерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,

г. Рязань, Российская Федерация

Key words

Drainage systems, irrigation, drainage, agricultural land reclamation, the main directions of development, Ryazan oblast, Nechernozemie.

Summary

Over the past quarter century square reclaimed lands of the Ryazan region has declined considerably. Reclaimed from accounting derived of 60.2 thousand hectares of lands, drainage systems have become simply unnecessary. Analysis of the current state of the reclaimed system suggests that the main trend of deterioration will persist, if you do not take effective measures for their stabilization and elimination of negative factors. To address these problems should:

1. To determine the principles on the basis of which should be distinguishable property at the reclamation system (Federal, regional, local governments, private property).

2. To determine the mechanisms of participation of private investors in the development of land reclamation.

3. To create a special mechanized units (like MTS) for technical operation and repair of melioration systems and to equip them with the necessary equipment. To organize on the basis of the Ryazan state agrotechnological University named after P. A. Kostychev training at all levels for the reclamation industry.

СОРТОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КАК БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ПАСТБИЩ В СИСТЕМЕ БОГАРНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

М. Ю. Пучков, М. А. Лысаков,

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства

и бахчеводства, г. Камызяк, Астраханская область, Российская Федерация

Key words

Reclamation, seasonal, human pressures, the growth of forage, composition of the grass, grazing agrophytocenoses, wind erosion, weizengrassuzkokolosyoderverlassen (Agropyrondesertorum (Fisch. ex Link) Schult.) «Priskaspiysky lomkokolostnik Sitnikov (Pspathyrostächysjuncea (Fischer) Nevski) «Marfinskiy».

Summary

The article presents a literature review of studies on the seasonal dynamics of the distribution of the plant species on the Baer hills of the Western Ilmen district. As a result of anthropogenic pressure on the state of the pasture flora of the Western Ilmen district of Caspian lowlands undesired change the species composition of native grass species of low value pasture grasses and forbs. Such a change in the species composition reduces the forage grass pasture quality and limits the period of their greatest nutritional value during the growing season. The Fodder sector of All-Russian scientific-research Institute of irrigated vegetable and melon growing based gene pool of the world collection of Research Institute of Plant Industry named by Vavilov pasture grass varieties created highly wheatgrass uzkokolosy (Agropyrondesertorum (Fisch. ex Link) Schult.)

«Priskaspiysky and lomkokolosnikSitnikov (Psathyrostachysjuncea (Fischer) Nevski) Variety "Marfinskiy" which are able to successfully growing under degraded by human pressure and emerged from the economic use of the pastures. The varieties have been tested in different farms in the Caspian region and included in the State Register of the Russian Federation.

ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО ПАСТБИЩНОГО АГРОФИТОЦЕНОЗА В АРИДНОЙ ЗОНЕ ЮГА РОССИИ

М. Ю. Пучков, М. А. Лысаков,

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства, г. Камызяк, Астраханская область, Российская Федерация

Keywords

Environmental strategy of plant life, the Ramenskoye system, Grime, unused land, stable plant community, degraded vegetation, the cultural analogues of species of wild plants.

Summary

The article investigates the natural vegetation of the western-ilmenite hill landscape exposed to strong anthropogenic influence. The aim of the study is the selection of plant species to form a stable phytocenosis on degraded lands of the North-Western Caspian. The types of plants are *Alhagipseudalhagi* (Bieb.) Fisch., *Salsoladendroides* Pall., *Artemisia lerchiana* Web., *Salsolafoliola* L., *Eremopyrumorientale* L., *Eremopyrumtriticeum* L., and others, which can be used to generate sustainable phytocenosis on degraded lands of the North-West Caspian. And also it has been proposed cultural analogues of wild plant species, which are *Roegneria trachycaulon* Nevski "Ozernensky" selection of All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing and *Psathyrostachysjuncea* (Fisch.) Nevski. «Marfinskiy» selection of All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing, they combine high feeding value and good adaptation performance.

МЕЛИОРАЦИЯ И ЭКОЛОГИЯ В КОНТЕКСТЕ ФРАКТАЛЬНОЙ ПРИРОДЫ ЗЕМЛИ

Н. Г. Стенина,

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Российская Федерация

Key words

Earth fractal structure, aqua-complex, Ox/Red soil unity

Summary

The scientific bases of land reclamation and environment protection are considered in terms of the fractal nature of the Earth. It is shown that fractal structure of the Earth's globe is controlled by Ox/Red inversions with a biosphere coinciding with a hydrosphere, where water is the shortest Ox – Red natural bridge. The Redox approach unravels the nature of the bio-mineral unity of soil that is promising for solving the problems of agricultural production.

СЕЛЕВАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ТАДЖИКИСТАНЕ

А. Р. Фазылов¹, Н. П. Лавров², Д. Б. Ниязов¹,

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии

Академии наук Республики Таджикистан, г. Душанбе;

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация

Key words

Emergencies, mudflows, climate change, damages, weather, landslide protection structures.

Summary

The article discusses issues related to mudflows phenomena and methods of preventing and combating their consequences. The mudflows are among the most hazardous slope processes in

mountain and foothill areas. They are entailed by significant negative impacts on natural landscapes (the erosion of the river bottom and shores of watercourses, the provoking landslides, the pasture obstructions, the blocking of riverbeds, etc.), and on residential territories (the partial or total destruction of settlements, industrial, civic, recreational buildings and structures, engineering facilities, etc.) and are often accompanied by human victims.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ ЗЕМЕЛЬ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

А. А. Павлов¹, В. А. Игнатенко², С. М. Курчевский³,

¹Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева;

²Меузерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Рязань, Российская Федерация;

³Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Республика Беларусь

Key words

Sod-podzolic soil, low peat soil, organic-mineral fertilizers, humic fertilizers.

Summary

The results of 1 year research on the development of agrotechnological and agromeliorative techniques for increasing the fertility of sod-podzolic sandy loamy soils, developed peatlands and shallow lowland peats of Russia are presented. High efficiency of humic fertilizers application in a complex with biohumus on sod-podzolic sandy loamy soils is established.

Key words: sod-podzolic soil, low peat soil, organic-mineral fertilizers, humic fertilizers.

2. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ПУТИ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Ecological State of Natural Environment, the Ways of Decrease of Man-Caused Influence, Ecological Problems of Agriculture

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖИДКОЙ ФАЗЫ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

М. П. Волокитин,

Институт фундаментальных проблем биологии РАН,

г. Пущино, Московская область, Российская Федерация

Key words

Biogeocenosis, soil solution, soil moisture, soil site factor, gray forest soil, relief pattern.

Summary

The article presents data on the study of the chemical composition of the liquid phase of the gray forest soils. It is established that the chemical composition of soil solutions of grey forest soil occupied by meadow and forest, close. However, the intensity of eluvial-illuvial process on the meadow plot was significantly lower compared to the forest plot.

БАКТЕРИИ – УЧАСТНИКИ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА УГЛЕРОДА

Т. М. Гусева,

Рязанский государственный медицинский университет

им. академика И. П. Павлова, Российская Федерация

Key words

Bacteria, carbon, fermentation, decomposition of cellulose, the decomposition of hydrocarbons, methane-producing bacteria.

Summary

Carbon is the main element in nature. In the carbon cycle in nature, a greater role played by bacteria. They carry out fermentation processes, decomposition of cellulose and hydrocarbons.

УЧАСТИЕ БАКТЕРИЙ В БИОЛОГИЧЕСКОМ КРУГОВОРОТЕ АЗОТА

Т. М. Гусева,

Рязанский государственный медицинский университет

им. академика И. П. Павлова, Российская Федерация

Key words

Bacteria, nitrogen, ammonification, denitrification, nitrogen fixation.

Summary

The remains of animals, plants and their natural selection constantly replenish the stocks of soil organic nitrogen and water. These substances are used by bacteria in the biological nitrogen cycle for plastic and energy metabolism.

ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА ПРИЗЕМНЫЙ СЛОЙ АТМОСФЕРЫ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДА

А. М. Цурган, А. А. Дементьев, Т. М. Гусева,

Рязанский государственный медицинский университет

им. академика И. П. Павлова, Российская Федерация

Key words

Emissions of polluting substances by motor transport, their environmental hazard, the environmental hazard.

Summary

The article presents the results of the comparative analysis of ecological hazard of anthropogenic impact on the atmospheric air emissions of vehicles in the city of Ryazan in warm and cold periods of the year.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ ПОЧВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ

А. В. Ильинский, Г. В. Побединская,

Межсерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,

г. Рязань, Российская Федерация

Key words

Ecology, soil contamination, petroleum products, monitoring.

Summary

The aspects of land contamination during the construction of oil pipelines. It is shown that the results of monitoring studies are one of objective criteria of performance assessment system integrated environmental control. Presents the results of ecological monitoring in areas of completed construction works.

К ВОПРОСУ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

А. В. Ильинский,

Межсерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,

г. Рязань, Российская Федерация

Key words

Pollution, pollutants, the elimination of man-made pollution, reclamation activities, methods of monitoring and control, rehabilitation of soil, integrated control system, system approach, the effectiveness of control, ecology.

Summary

The authors emphasize the need for a modern system of comprehensive control over the process and the result of rehabilitation works on the rehabilitation of the land contaminated by pollutants. It is shown that the development and introduction of modern methods of management and

control processes in the organization and implementation of the rehabilitation work can be achieved mainly through the use of concepts of system approach and based on the feedback mechanism in the contaminated soil – a complex system of control-reclamation activities the foundation of which must be laid at the stage of development of design documentation. In the paper, the authors systematize his ideas about the model of integrated process control implementation of measures for the rehabilitation of contaminated pollutants farmland has aimed at improving the efficiency and quality of the land reclamation works.

АНАЛИЗ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРОБИОТЫ ПОЧВЫ

И. В. Канина,

*Рязанский государственный медицинский университет
им. академика И. П. Павлова, Российская Федерация*

Key words

Heavy metals, microbiological and biochemical diagnosis, microbiota of soil.

Summary

The article presents an overview of modern data on the content of heavy metals in soils of different regions and their influence on soil microbiocenosis. Also presents methods of microbiological and biochemical diagnosis are also applicable in the assessment of soil contamination with heavy metals.

STRONTIUM CONTENT IN SANDY SOILS ON AGRICULTURAL FIELDS AROUND SITY OF MOUNDOU IN SOUTHERN REGION OF CHAD

Koï Kamssou, V. D. Nagornyy,

Agro-Technological Institute of People's Friendship University of Russia

Key words

Strontium, Ca/Sr ratio, sandy soil, eolian and alluvial deposits, radioactivity, Kashin-Beck disease, osteoarthritis.

Summary

During evaluation of physical and chemical properties of sandy soils and their fertility in Southern part of Republic of Chad it has been revealed that some soils have very high content of strontium. Its content varies from 10 to 270 mg/kg of soil depending on type of soil, depth of soil layers, clay and organic content. Strontium content negatively correlates with total content of calcium and phosphorus in layers of soil. Low CEC of soil may be a reason of possible translocation of strontium from higher to lower layers of soils. Strontium content in soils do not relates with level of radioactivity of soil measured. The highest content of strontium has been found in soils developed on some eolian and colluvio-alluvium deposits. Some researchers hypothesize that some endemic and chronic diseases such as Kashin-Beck disease, 'Dysostosisenchondralis endemic', endemic hoiter, osteoarthritis might be caused by high content of strontium in water and plant foods contaminated of it. Absence of consensus on etiological factors of these diseases confirms that it worth of considering necessity of further studies of different affects of high content of strontium in water and foods may be produced on human health directly or indirectly through causing misbalance in mineral nutrition.

ГЕОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОПТИМИЗАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Н. А. Марунич,

*Республиканский институт экологии и природных ресурсов
Приднестровской Молдавской Республики, г. Бендеры*

Key words

Geoenergetic approach, anthropogenic load, optimization of functioning, forest ecosystem.

Summary

Estimation of anthropogenic load by geoenergetic method. Peculiarities of the application of the geoenergetic approach with the aim of finding ways of optimal forest management and using the share of anthropogenic energy for sustainable reduction and increasing the share of energy-related natural rents.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УРАЛЬСКИХ ГОРНОРУДНЫХ ГОРОДОВ (СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

И. А. Старицына¹, Н. А. Старицына²,

¹*Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург;*

²*Уральский колледж им. И. И. Ползунова, г. Екатеринбург, Российская Федерация*

Keywords

Ecology, disturbed land, Sverdlovsk oblast, Nizhny Tagil, Kamensk-Uralsky.

Summary

The Ecological situation in the cities of Sverdlovsk region depends on industrial enterprises located on their territory. The closure of some plants has not solved environmental problems. On the contrary, new problems arose. Large areas are covered by waste industrial wastes (sludge, slag).

АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ СЕВЕРА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Н. В. Ухов,

Институт биологических проблем Севера, г. Магадан, Российская Федерация

Keywords

Cryolithozone, global warming, agrolandscapes, stability, permafrost melioration, soil protection.

Summary

The article is devoted to the stability of cryogenic agrolandscapes under climate warming. In order to develop effective methods for preventing the formation and elimination of existing thermokarst depressions, experimental field work was carried out. Methods for the cryogenic reclamation of agrolandscapes and methods for determining the minimum depth of thawing of permafrost rocks are proposed to ensure their stability with increasing depth of seasonal thawing of soil.

ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНОГО ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЛУГОВ

М. Г. Юркевич, В. А. Сидорова,

Институт биологии Карельского научного центра РАН,

г. Петрозаводск, Российская Федерация

Keywords

Reclaimed soils, meadows, succession.

Summary

The paper shows the forecast post anthropogenic (from 3 to 20 years) successions agriculture on reclaimed soils. It is established that the primary stage of recovery succession has a sufficient productivity and low species diversity of agrocenosis that lets quickly and at no additional cost to get these meadows back to agricultural use. During the recovery period from 5 to 10 years, the development of phytocenosis in a greater degree depends on soil and climatic conditions. On peat soils, the secondary bogging of the territory is found and as a consequence appearance of hydrophilous plants is determined. On sod-podzolic soils upland meadow with appropriate vegetation is developing. It is revealed that with increase in the biological diversity of types its productive capacity is reducing in spite of the increasing of stability of the ecosystem.

3. ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

The Problems of Water Bodies, Rational Water Consumption

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПРУДОВ-НАКОПИТЕЛЕЙ И ПРУДОВ-ИСПАРИТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ ОАО «КАУСТИК» В г. ВОЛГОГРАДЕ

О. В. Атаманова, М. В. Карев,

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.,

Российская Федерация

Key words

Waternreatment, storagepond, evaporationpond, hydrochemical indicators, monitoring.

Summary

The description of ponds-accumulators and ponds-evaporators of enterprise «Caustic» is given. The results of studies of hydrochemical indicators of pond water are presented.

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВО-
ДОСНАБЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Л. А. Волкова, Л. Л. Литвиненко,

*Национальный университет водного хозяйства и природопользования,
г. Ровно, Украина*

Key words

Technical water, surface water, circulating water supply system, water supply sources

Summary

To reduce water abstraction from water bodies and protect them from discharges of poorly purified wastewater, there is a need to search for alternative sources of water supply that will enable to ensure balanced water supply to all existing water consumers and to protect water bodies from pollution and depletion.

**ВОПРОСЫ ЗАЩИТЫ ПРАВА ГРАЖДАН НА БЛАГОПРИЯТНУЮ ОКРУЖАЮЩУЮ
СРЕДУ НА ПРИМЕРЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

А. В. Воршева, В. Д. Блинникова, А. Л. Кауфман

*Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, Российская Федерация*

Key words

Environment, rights of citizens, spring water, water resources.

Summary

The paper considers the issues of protecting the rights of citizens to a favorable environment on the example of water resources, namely the springs of the Moscow Region. The paper presents the results of a chemical study of spring water samples and made a conclusion about their ecological state.

**ИСПАРЕНИЕ МИНЕРАЛИЗОВАННОГО ДРЕНАЖНОГО СТОКА С ОРОШАЕМЫХ
ЗЕМЕЛЬ**

И. И. Конторович,

*Волгоградский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
Российская Федерация*

Key words

Irrigation lands, drainage, saline drain flow, accumulator of drain water, evaporating pond, intensification evaporation, area of the evaporating surface.

Summary

Article contains the description of the technical decision of the evaporating pond of a saline drain flow the evaporation intensification in which is provided artificially increased evaporation area.

**МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД МЕЛИОРАТИВНЫХ
СИСТЕМ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Е. Б. Стрельбицкая, А. П. Соломина,

*ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Москва, Российская Федерация*

Keywords

Irrigation system, drainage, waste water, monitoring indicators of the qualitative composition, observation, sampling of samples of controlled parameters.

Summary

The article describes the main provisions of the network-building monitoring of qualitative composition of drainage outflow irrigation and drainage systems and their receiving waters. The procedure of organizing and conducting observation of the quality parameters of waters: location of monitoring points, frequency of sampling composition parameters depending on the program of monitoring over pollution of the surface waters. The flow diagram of monitoring, systematizing all the stages of observation and assessment of the quality of natural waters and DSV.

КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫЕ ВОДЫ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ БАССЕЙНА Р. СЫРДАРЬИ

Э. И. Чембарисов¹, Ж. Б. Мирзакобулов², К. К. Ананова², Ф. М. Забиров²,

¹ *Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства;*

² *Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан*

Key words

Collector-drainage water, irrigated land, drainage water management, regions of collector-drainage waters.

Summary

The volume, mineralization, and chemical composition of the collector-drainage waters of the middle reaches of the basin of the river are considered in the article. Syr Darya identified the main collector of the massifs and zoning of these data on water management areas. The large collectors of the irrigated zone of the middle course of the trans-boundary basin of the Syrdarya River (with $Q_{r,year} > 1.0 \text{ m}^3 / \text{s}$) within the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Syrdarya, Jizzakh regions) have been studied. Hydrological and hydrochemical characteristics of the collector-drainage waters of the Syr Darya basin within Uzbekistan have been analyzed and hydrochemical zoning of the basin territory has been carried out taking into account the quality. When studying these characteristics of collector-drainage waters and carrying out hydrochemical zoning of irrigated territory, the basin method was used.

4. ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

The Significance of Mineral and Organic Fertilizers in Increasing of Productivity of Agricultural Cultures

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

А. В. Воршьева, Н. Н. Лангаева,

Российский государственный аграрный университет –

Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, Российская Федерация

Key words

Photosynthesis, triticale, chemical fertilizers, productivity of triticale.

Summary

In the paper various methods of measuring the area of leaves are presented. The effect of various doses of nitrogen fertilizers on the photosynthetic activity of crops was studied. The positive effect of mineral fertilizers on the yield of triticale has been established.

ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫЙ УДОБРИТЕЛЬНЫЙ МЕЛИОРАНТ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И УРОЖАЙ

К. Н. Евсенкин,

Мецкерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,

г. Рязань, Российская Федерация

Key words

Organo-mineral fertilizer, chaff, peat, fertilizer ameliorant soil fertility.

Summary

Peat soil under drained and during prolonged and intensive use transformirovalsya to organo-mineral agrozem. Improving the fertility of light mineral soils associated with the enrichment of the arable layer of organic media (manure, peat, compost) with simultaneous application of mineral fertilizers. These measures allow to increase the absorption capacity, sorption capacity, porosity, water holding capacity, etc. The increase of ammonium and nitrate nitrogen in making fertilizer meliorant has a positive effect on crop yields.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГО- МЕЛИОРАТИВНЫХ ЗАДАЧ

А. В. Ильинский, Д. В. Данчев,

*Мецкерский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация*

Key words

Anthropogenic load, household waste, restoration of fertility, degradation, composting, meliorant, environment, organic waste, organic matter, waste treatment, soils, agriculture, technogenesis, urbanization, yield, utilization, ecology.

Summary

For large urbanized areas is urgent the problem of the accumulation and utilization of solid domestic wastes. The location of such waste at landfills does not allow solving this problem, but only worsens the ecological situation and poses a threat to human life. The key problems in the field of handling with such wastes are considered. Suggesting ways of utilization the organic wastes of urbanized areas, which allow not only neutralizing the negative impact of waste on the environment but obtaining a valuable product for applying into the soil as an organic fertilizer.

УСТОЙЧИВОСТЬ КАРТОФЕЛЯ К ФИТОФТОРОЗУ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ (ГОЛЛАНДСКОЙ) ТЕХНОЛОГИИ

Камссу Кой, И. И. Володин,

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

Key words

Potatoes, late blight, resistance, tubers, plants

Summary

Phytophthorosis is one of the main diseases in the region. The decrease in potato yield from late blight can reach 35-70%. In this connection, the study of the resistance of early potato varieties to late blight in the Non-Chernozem Zone is an urgent task. The results of the three-factors small-field field experiment made it possible to establish a high resistance to plant late blight and potato tubers of varieties of Arizona and Roco conditions when cultivating crops in the Moscow region, in industrial technology. The damage of plants and tubers of potatoes was 10-50% lower on average than potato cultivated by traditional technology.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ ЖИДКОГО АММИАКА

Д. Г. Кротов¹, В. П. Самсонова²,

¹Брянский государственный аграрный университет;

²Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация

Key words

Nitrogen status, sandy loam soil, liquid ammonia.

Summary

The introduction of liquid ammonia into soddy-podzolic sandy loam soil does not lead to a significant change in the pH_{KCl} and pH_{H_2O} values. An increase in mineral nitrogen reserves is observed

in the 0–40 cm layer, with the maximum being concentrated in the 0–20 cm layer. During the introduction of liquid ammonia in the plow horizon, anthropogenic heterogeneity of its content are formed.

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ ПРИ ПОМОЩИ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ВНЕСЕНИЯ ПОДКОРМКИ

Н. Н. Лангаева, А. В. Воршова,

Российский государственный аграрный университет –

Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, Российская Федерация

Key words

Mustard, nitrogen fertilizer, fertilizing, siderat.

Summary

Modern agricultural technology widely uses so-called siderat plants to enrich the soil, improve its nutritional qualities, and increase fertility. Among these plants can be attributed white mustard. In the article data on the features of the diagnosis of white mustard with the help of photometric instruments for the rapid application of fertilizing.

ОЦЕНКА ПРОЛОНГИРОВАННОГО ВЛИЯНИЯ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А. В. Нефедов,

Межцеский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,

г. Рязань, Российская Федерация

Key words

Organic fertilizer, spropel, peat, amorphous silica, spring canola, barley, the yield of green mass, grain yield.

Summary

The paper presents evaluation of influence of organic fertilizer on the yield of agricultural crops. The application of organic fertilizer based on spropel three years after application resulted in significant increase of grain yield of oats compared to the background option of 17.7%. Thus, organomineral fertilizers based on spropel, peat, amorphous silica and mineral fertilizers is a new combined fertilizer of prolonged action, which durably improves the yield of crops.

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАННЕГО КАРТОФЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРАТИРОВАННОГО ТОРФА

П. И. Пыленок, В. Н. Сельмен, Г. И. Ершова, В. Н. Родькина,

Межцеский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова,

г. Рязань, Российская Федерация

Key words

Meliorative regime, resource intensity, alluvial soils, hydrated peat, early potatoes, environmentally friendly products.

Summary

In the experience on drained alluvial soil of the Oka River, a resource-saving technology for growing early potatoes using hydrated peat was implemented. Substantial potato yield increments were obtained when treating tubers with a working solution of hydrated peat 2,41 ... 2,79 t / ha, or 15,8%. The water consumption per unit of production was reduced by 4.2 ... 14.3 m³ / t, or on average by 8%. The consumption of peat, due to the use of hydrated substance is reduced by 10⁴ times.

ВКЛАД ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ В УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Н. В. Реброва, Е. С. Энзекрей,

Российский государственный аграрный университет –

Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, Российская Федерация

Key words

Triticale, nitrogen fertilizer, crop productivity.

Summary

In this paper, the features of the formation of biological yield of triticale. Determined the contribution of those or other elements of productivity in the total harvest of spring triticale depending on doses of nitric fertilizers. It is found that nitrogen fertilizer has a positive impact on productivity.

ВЛИЯНИЕ ШУНГИТА НА РОСТ РАСТЕНИЙ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ОПЫТА

В. А. Сидорова,

Институт биологии Карельского научного центра РАН,

г. Петрозаводск, Российская Федерация

Key words

Shungite, vegetative experiment, biomass, soil.

Summary

Influence of various doses and size fraction of shungite on growth of barley, onion and potatoes, and on physic-chemical properties of podzolic soils with low humus content was investigated. It is shown that the shungite had no negative impact on plants. Adding of shungite into the soil leads to increase in content of organic carbon, but doesn't cause significant changes in actual acidity. Combination of dolomite and shungite cause significant changes in actual acidity, but its influence on soil carbon content is insignificant. Adding shungite into the soil with barley and onion crops leads to an increase in the length of the leaves. In the field experiment adding fines shungite leads to significant yield increase and the transverse diameter of the tuber, as well as the increase in the yield of tubers large fraction

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ВНЕСЕНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАНИЙ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

О. А. Шуклина, Н. Н. Лангаева

Российский государственный аграрный университет –

Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, Российская Федерация

Key words

Precision agriculture, nitrogen fertilizers, differentiated application, photometric diagnostics.

Summary

The article describes diagnostic methods for variable rate application of nitrogen fertilizer in comparison with the introduction of the calculated dose on the yield of agricultural crops in the conditions of sod-podzolic soils CRNS. Differential application generated by the optical sensor GreenSeekerRT 200, allows efficient use of fertilizers, and level the yield in areas with spatial heterogeneity. The resulting yield increase of grain crops and potatoes is 0.2-0.3 t/ha and 1.2 t/ha, respectively.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>П. И. Коваленко.</i> Слово о Якове Васильевиче Бочкареве, члене-корреспонденте РАСХН и НАН КР, академике МАЭП и РАВН, докторе наук, профессоре.....	3
1. СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МЕЛИОРАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
<i>А. П. Лихацевич.</i> Структурная модель урожая.....	7
<i>Ю. А. Мажайский, Я. В. Бочкарев.</i> К вопросу главных проблем мелиорации земель в современных условиях развития АПК.....	19
<i>О. В. Атаманова, Г. С. Аджыгулова.</i> Совершенствование сооружений для поворота бурного потока на открытых оросительных каналах.....	27
<i>Д. У. Алиев, Н. П. Лавров.</i> Обоснование конструкции водораспределительных сооружений на обводном Чуйском канале-быстротоке в Кыргызстане.....	29
<i>Г. И. Еришова, В. Н. Родькина.</i> Технология биоактивации семян сельскохозяйственных культур с применением лазерного облучения.....	32
<i>О. А. Захарова, К. Н. Евскин.</i> Характеристика Мещерского лесозономического района и необходимость развития лесомелиорации.....	34
<i>И. В. Ковалев.</i> Эколого-гидрологическая оценка действия разных видов дренажа на тяжелосуглинистых почвах.....	36
<i>Е. А. Кузьмин, Д. С. Полозов, А. Е. Кузьмин.</i> Координатные измерения в торфяной залежи.....	40
<i>А. Э. Мадумаров, Н. П. Лавров.</i> Необходимость реконструкции поверхностного водосброса Курпсайской ГЭС на реке Нарын.....	42
<i>Ю. А. Мажайский, Л. Ю. Макарова, Ю. В. Ковешников, А. Н. Кузьмин.</i> Использование ПК MIKE в процессе проектирования систем обводнения осушенных торфяников.....	48
<i>Н. А. Муромцев, Ю. А. Мажайский, Н. А. Семенов, К. Б. Анисимов, В. В. Грибов, В. Г. Витязев.</i> Влияние температуры на потенциал влаги в дерново-подзолистой почве в осеннем и зимнем периодах года.....	51
<i>В. А. Насибяңц, М. Н. Шаммедов.</i> Перспективы применения солнечной энергии при заготовке кормов.....	57
<i>В. А. Насибяңц, М. Н. Шаммедов.</i> Конструктивные параметры гелиоустановки для сушки трав.....	59
<i>А. В. Нефедов, Н. А. Иванникова.</i> Оптимизация режима орошения с учетом экологической ситуации.....	60
<i>А. В. Нефедов, Н. А. Иванникова.</i> Мелиоративные системы Рязанской области и пути повышения их роли в сельском хозяйстве.....	64
<i>М. Ю. Пучков, М. А. Лысаков.</i> Сортовое разнообразие как биологический элемент технологии создания высокопродуктивных пастбищ в системе богарного земледелия.....	66
<i>М. Ю. Пучков, М. А. Лысаков.</i> Эколого-фитоценоотические стратегии для формирования устойчивого пастбищного агрофитоценоза в аридной зоне юга России.....	70
<i>Н. Г. Стенина.</i> Мелиорация и экология в контексте фрактальной природы земли.....	72
<i>А. Р. Фазылов, Н. П. Лавров, Д. Б. Ниязов.</i> Селевая безопасность в Таджикистане.....	77
<i>А. А. Павлов, В. А. Игнатенко, С. М. Курчевский.</i> Способы повышения плодородия малопродуктивных земель Нечерноземной зоны России.....	81
2. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ПУТИ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	
<i>М. П. Волокитин.</i> Химический состав жидкой фазы серых лесных почв.....	85
<i>Т. М. Гусева.</i> Бактерии – участники биологического круговорота углерода.....	89
<i>Т. М. Гусева.</i> Участие бактерий в биологическом круговороте азота.....	91
<i>А. М. Цурган, А. А. Дементьев, Т. М. Гусева.</i> Техногенное воздействие выбросов автотранспорта на приземный слой атмосферы и их экологическая опасность в различные периоды года.....	92
<i>А. В. Ильинский, Г. В. Побединская.</i> К вопросу оценки загрязненности почв при строительстве нефтепродуктопроводов.....	105

<i>А. В. Ильинский.</i> К вопросу решения экологических задач при строительстве магистральных трубопроводов на сельскохозяйственных землях.....	108
<i>И. В. Канина.</i> Анализ жизнедеятельности микробиоты почвы.....	111
<i>Koï Kamssou, V. D. Nagornyy.</i> Strontium content in sandy soils on agricultural fields around city of moundou in southern region of Chad.....	114
<i>Н. А. Марунич.</i> Геоэнергетический подход в оптимизации лесных экосистем.....	119
<i>И. А. Старицына, Н. А. Старицына.</i> Экологические проблемы уральских горнорудных городов (Свердловская область).....	121
<i>Н. В. Ухов.</i> Агротелиоративные приемы повышения устойчивости агроландшафтов Севера Дальнего Востока.....	128
<i>М. Г. Юркевич, В. А. Сидорова.</i> Влияние вторичного заболачивания на растительные сообщества мелиорированных лугов.....	129
3. ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ	
<i>О. В. Атаманова, М. В. Карев.</i> Экологический мониторинг состояния прудов-накопителей и прудов-испарителей в составе ОАО «Каустик» в г. Волгограде.....	132
<i>Л. А. Волкова, Л. Л. Литвиненко.</i> О возможности использования альтернативных источников водоснабжения на промышленных предприятиях.....	136
<i>А. В. Воршьева, В. Д. Блишкова, А. Л. Кауфман.</i> Вопросы защиты права граждан на благоприятную окружающую среду на примере водных ресурсов Московской области.....	140
<i>И. И. Конторович.</i> Испарение минерализованного дренажного стока с орошаемых земель.....	141
<i>Е. Б. Стрельбицкая, А. П. Соломина.</i> Мониторинг качества дренажно-сбросных вод мелиоративных систем для защиты природных вод от загрязнения.....	146
<i>Э. И. Чембарисов, Ж. Б. Мирзакубулов, К. К. Ананова, Ф. М. Забиров.</i> Коллекторно-дренажные воды среднего течения бассейна р. Сырдарья.....	150
4. ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	
<i>А. В. Воршьева, Н. Н. Лангаева.</i> Фотосинтетическая деятельность посевов яровой тритикале, как показатель эффективности применения минеральных удобрений в условиях Центрального района Нечерноземной зоны.....	154
<i>К. Н. Евсенкин.</i> Органо-минеральный удобрительный мелиорант и его влияние на плодородие почвы и урожай.....	157
<i>А. В. Ильинский, Д. В. Данчеев.</i> Перспективы использования органических отходов урбанизированных территорий в решении эколого-мелиоративных задач.....	161
<i>Камссу Кой, И. И. Володин.</i> Устойчивость картофеля к фитофторозу при возделывании по промышленной (голландской) технологии.....	164
<i>Д. Г. Кротов, В. П. Самсонова.</i> Изменение свойств почвы при внесении жидкого аммиака.....	167
<i>Н. Н. Лангаева, А. В. Воршьева.</i> Особенности диагностики состояния посевов горчицы белой при помощи фотометрических приборов для оперативного внесения подкормки.....	171
<i>А. В. Нефедов.</i> Оценка пролонгированного влияния органо-минерального удобрения на урожай сельскохозяйственных культур.....	174
<i>П. И. Пыленок, В. Н. Сельмен, Г. И. Еришова, В. Н. Родькина.</i> Ресурсосберегающая технология возделывания раннего картофеля с применением гидратированного торфа.....	178
<i>Н. В. Реброва, Е. С. Энзекрей.</i> Вклад отдельных элементов продуктивности в урожайность яровой тритикале при применении возрастающих доз азотных удобрений.....	182
<i>В. А. Сидорова.</i> Влияние шунгита на рост растений и физико-химические показатели почв в условиях опыта.....	184
<i>О. А. Шуклина, Н. Н. Лангаева.</i> Дифференцированное внесение азотных удобрений на основе показаний оптических датчиков в системе точного земледелия.....	187
5. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ.....	190
СОДЕРЖАНИЕ.....	205

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ
ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ,
ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Сборник трудов научных чтений
Выпуск 13

*Под редакцией доктора сельскохозяйственных наук,
профессора Ю. А. Мажайского*

Печатается в авторской редакции
Корректор С. А. Ардашева

Подписано в печать 04.12.17.
Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Печ. л. 25,87.
Тираж 500 экз. Заказ № 71948.

Отпечатано в типографии «OneBook.ru» ООО «Сам Полиграфист»
109316, г. Москва, Волгоградский проспект,
д. 42, корп. 5 «Технополис Москва»
www.onebook.ru

