

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ имени А.Н. КОСТЯКОВА»**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ
МЕЛИОРАЦИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

(Костяковские чтения)

Материалы международной
научно-практической конференции

Том I

Москва 2020

УДК 631.6

ББК 40.6

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.

Материалы международной научно-практической конференции. Том I. - М.: Изд.

ВНИИГиМ, 2020. - 358 с.

ISBN 978-5-6042438-1-7

В сборнике представлены материалы международной научной конференции «Костяковские чтения». Развивая заложенные А.Н. Костяковым основы мелиорации в России, в статьях настоящего тома рассмотрены проблемы восстановления и развития мелиоративного комплекса страны в изменяющихся природных и социально-экономических условиях, связанных с проявлением климатических аномалий, усилением техногенеза и формированием новых экономических отношений. Раскрываются особенности эксплуатации оросительных и осушительных систем, эффективность применения современных гидромелиоративных технологий и технических решений, способы восстановления деградированных и вышедших из оборота земель, в том числе с использованием новых удобрений и мелиорантов, методы повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, влияние удобрений на агрофизические и агрохимические свойства почвы.

Сборник научных трудов предназначен для специалистов в области сельского хозяйства и мелиорации, водного хозяйства и природопользования.

Все доклады публикуются в авторской редакции в соответствии с заявленными требованиями.

Редакционный совет: чл.-корр. РАН, д.с-х.н. В.А. Шевченко, акад. РАН, д.т.н. Б.М. Кизяев, д.т.н. Л.В. Кирейчева, д.т.н. С.Д. Исаева, д.т.н. И.Ф. Юрченко, д.с-х.н. В.П. Максименко, д.с-х.н. Дедова Э.Б., к.т.н. А.О. Щербаков, к.т.н. Г.Х. Бедретдинов, к.г.-м.н. Н.В. Коломийцев, к.т.н. Е.Э. Головинов, А.Л. Бубер, Е.Н. Гетьман

УДК 631.6

ББК 40.6

ISBN 978-5-6042438-1-7

©ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2020

©Издательство ВНИИГиМ, 2020

КОСТЯКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ ВО ВНИИГИМ

Международную научно-практическую конференцию (Костяковские чтения) в 2020 году планировали провести в марте, однако из-за пандемии планы были изменены и конференцию перенесли на более поздний срок.

Вопросы, которые предложены в программе конференции для обсуждения вызвали большой интерес у сотрудников научных и образовательных учреждений и специалистов-производственников. Для участия в конференции от ученых и специалистов России, стран ближнего и дальнего зарубежья поступило более 120 докладов, большинство из которых размещены в этом двухтомном сборнике.

Костяковские чтения во ВНИИГиМ проводятся регулярно раз в три года, в память о выдающемся ученом, педагоге, создавшем отечественную мелиоративную школу и заложившем прочный фундамент современной мелиоративной науки и практики. Алексей Николаевич Костяков заслуженно считается основоположником научных основ создания мелиоративных систем в нашей стране. Он не только собрал, но и обобщил опытные данные по мелиорации как у нас в стране, так и за границей и дал производству научно-обоснованные методы проектирования и эксплуатации мелиоративных систем; им впервые разработана программа и методика мелиоративных исследований.

Труды А.Н. Костякова и по настоящее время остаются настольными книгами для научных работников, проектировщиков и строителей, незаменимым пособием для мелиораторов и аграрников. Под его руководством были организованы опытные участки для исследований режимов и способов мелиорации в Поволжье, Средней Азии, на Украине, в Белоруссии, Закавказье, Эстонии. По его инициативе были созданы опытные станции в Новгороде, Минске, Архангельске.

Одним из важнейших разделов в научных исследованиях академика А.Н. Костякова является разработка вопросов, связанных с развитием мелиораций в Европейской части страны. В капитальном труде «Перспективы мелиораций в СССР», характеризуя отношение к мелиорации, А.Н. Костяков делает такое обобщение: «Интерес к мелиоративному делу и самый темп его развития подвержены у нас постоянным колебаниям, идут скачками. Неурожайные годы создавали всегда интерес к мелиорациям, вызывали к жизни специальные крупные мелиоративные организации и работы. Но как только проходил кризис, интерес ослабевал, глохли и прекращались работы, и так продолжалось до нового кризиса». Все это, по его мнению, есть плод в корне неверного понимания мелиораций. «Мелиорации не лечат, а предупреждают природные кризисы сельского хозяйства, и поэтому осуществление мелиораций должно идти наиболее интенсивно не в моменты кризисов, когда хозяйство потрясено, а в периоды относительного подъема хозяйства». Мелиоративные площади являются регулятором устойчивости сельского хозяйства, которое в годы кризисов и неурожая теряет значительно больше, чем стоит осуществление работ по мелиорации.

В фундаментальном труде А.Н. Костякова «Основы мелиорации» изложены теоретические основы науки о сельскохозяйственных гидротехнических мелиорациях, сформировавшейся на стыке агрономических и инженерных отраслей знаний, дана система комплексных мероприятий, направленных на коренное изменение природных условий, неблагоприятных для возделывания сельскохозяйственных культур. По широте охвата проблем комплексной мелиорации и глубине разработки вопросов орошения, осушения, борьбы с засолением орошаемых земель эта книга не имела аналогов ни у нас в стране, ни за рубежом. А.Н. Костяков постоянно ее дорабатывал при переизданиях, с учетом новейших результатов науки и практики мелиорации. «Основы мелиорации» стали по существу энциклопедией новой научно-технической отрасли на многие годы.

Непреодолимое значение имеют научные положения А.Н. Костякова по вопросам интенсификации земледелия на мелиоративных землях. Применительно к осушенным землям он писал: «... не надо упускать из виду, что сама мелиорация вносит изменение в экономические условия и что при ней невозможна – невыгодна та экстенсивная культура, которая имела место до мелиорации... Следовательно, мелиорация должна предполагать в дальнейшем интенсивное, насколько только можно при данных экономических условиях, использование мелиорированной площади». Применительно к орошаемому земледелию: «...орошаемое хозяйство по своей природе интенсивно и может выживать и давать наибольшую рентабельность, будучи интенсивным».

А.Н. Костяков является создателем учения о режимах орошения, методах расчета техники полива, проектирования оросительных систем и гидротехнических мероприятий, направленных на предотвращение засоления земель. Особое внимание он уделял развитию мелиорации в засушливом Поволжье. Для этой зоны необходим был особенный подход при расчете режимов и техники орошения. К числу прогрессивных способов орошения в этой зоне А.Н. Костяков относил лиманное орошение и считал, что оно должно найти широкое распространение в Заволжье, так как «...этот вид орошения хорошо отвечает гидрологическим условиям многих районов Заволжья и в сочетании с правильным орошением должен дать наиболее целесообразное использование водных ресурсов этих районов».

Нельзя не отметить теорию А.Н. Костякова о закономерности увеличения потребности культурных растений в воде с повышением урожайности. Рост урожайности, как отмечал А.Н. Костяков, происходит не только за счет увеличения оросительных норм, но и улучшения агротехники возделывания культуры, совершенствования режима и техники полива и других факторов. Техника и способ полива должны соответствовать биологическим особенностям растений, обеспечивать сохранение структуры почвы, экономное расходование воды и высокопроизводительное использование сельскохозяйственных машин.

Рассматривая процесс формирования урожая не только в связи с улучшением водоснабжения растений, но и другими факторами оптимизации роста и развития возделываемых культур, А.Н. Костяков еще в 30-е годы заложил ос-

новы программирования урожаев, получившего теперь теоретическое и экспериментальное обоснование, и широкое практическое применение.

Для сбережения земельных и водных ресурсов велико значение предложенного А.Н. Костяковым и ныне широко применяемого способа, создания на оросительных системах распределительной сети в закрытых трубопроводах, что позволяет экономить значительное количество оросительной воды.

Важное значение А.Н. Костяков придавал развитию на европейской территории страны осушительных мелиораций. В зоне избыточного увлажнения гидромодульные и опытные работы, выполненные под руководством А.Н. Костякова, позволили установить дренажные модули стока для разных почв, рациональные способы осушения и их эффективность. Получены теоретические формулы для расчета расстояний между каналами (дренами), для условий стационарной фильтрации и неустановившегося движения грунтовых вод, для расчета поверхностного стока. Он убедительно доказал необходимость комплексной мелиорации болот и переувлажненных земель, включающей в себя наряду с осушением рациональное сельскохозяйственное использование земель.

А.Н. Костяков осветил практически все проблемы осушительных мероприятий, основываясь на анализе водного баланса территорий. Им были заложены основы теории стока поверхностных вод и применения ее для расчета проводящих каналов осушительной сети; изучены вопросы проектирования режимов осушения в увязке с конкретными климатическими, почвенными, гидрогеологическими условиями и биологическими особенностями возделываемых сельскохозяйственных культур.

А.Н. Костяков был активным участником мелиоративного строительства в нашей стране, принимал участие в работе Государственной комиссии по электрификации России (ГОЭЛРО), возглавлял правительственные комиссии по приемке в эксплуатацию Большого Ферганского канала, Катта-Курганского водохранилища, Невинномысского канала и других крупных объектов. Участвовал в проектировании орошения Заволжья, юга Украины, Северного Кавказа, Закавказья и Средней Азии. Своими научными разработками заложил основы современного крупномасштабного мелиоративного строительства. Был постоянным консультантом по крупным мелиоративным стройкам. Ни один крупный проект, ни одно новое исследование в гидротехнике и мелиорации в нашей стране не осуществлялось без его участия.

А.Н. Костяков, заложив фундамент мелиоративной науки, сформулировал задачи дальнейшего развития опытных мелиоративных исследований. Это рационализация проектирования, строительства, эксплуатации и освоения мелиоративных систем и мелиорированных земель с учетом зональных особенностей; совершенствование методов мелиорации для получения высоких устойчивых урожаев, высокой производительности труда и экономного использования водных ресурсов; проведение мелиоративных изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации систем на основе новых методов, основанных на типизации, стандартизации, нормировании, механизации и автоматизации произ-

водственных процессов; улучшение подготовки молодых специалистов; укрепление связи мелиоративной науки с производством.

Развивая заложенные А.Н. Костяковым основы и традиции, ВНИИГиМ проводит и координирует исследования по широкому спектру вопросов, включая разработку новых инновационных конструкций гидротехнических сооружений; высокотехнологичных мелиоративных систем нового поколения; концепций, прогнозов, основных направлений развития мелиорации земель и водного хозяйства АПК, обоснование рационального использования и охраны водных ресурсов; технологий и способов рекультивации деградированных земель сельскохозяйственных угодий; технологических процессов производства культуртехнических работ и технических средств механизации нового поколения, наукоемких технологий возделывания сельскохозяйственных культур, различающихся по уровню интенсификации и обеспечивающих максимальный уровень продуктивности в производстве и др.

В исследованиях института представлены все основные направления сельскохозяйственной мелиорации. Институт на протяжении многих лет активно развивает научное и образовательное сотрудничество в сфере мелиорации и водного хозяйства, аграрной науки и сельскохозяйственного производства, ежегодно организует и проводит всероссийские конференции с международным участием. Сегодняшние Костяковские чтения и предназначены для того, чтобы поделиться с коллегами результатами научно-исследовательских работ и передать научный и производственный опыт новому поколению специалистов, чтобы научное наследие Алексея Николаевича Костякова продолжало успешно развиваться в нашей стране.

В.А. Шевченко

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

УДК: 631.9

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.72.38.001

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ АГРОЦЕНОЗА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ И МЕЛКОДИСПЕРСНОМ ДОЖДЕВАНИИ

Бубер А.А., Добрачев Ю.П.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

***Аннотация.** Для назначения стратегии управления мелиоративными мероприятиями, а также при оценке их эффективности, авторами предложено использование методов имитационного моделирования системы «почва-растение-атмосфера», базирующихся на накопленном отечественном и зарубежном опыте и экспериментальном материале, полученном в Волгоградской области на посадках раннего картофеля. Основным фактором, влияющим на урожайность агроценоза, является наличие доступной растению влаги в почвенном слое, занятом корнями, в связи с чем, особое внимание следует уделять моделированию эвапорации и транспирации, и движения влаги в почвенном профиле при проведении орошения (капельное и дождевание) и выпадении осадков. В статье описан алгоритм расчета водного обмена. Реализация математической модели происходит с использованием стандартного программного обеспечения Microsoft Excel, что делает ее доступной и достаточно простой для пользователя.*

***Ключевые слова:** эвапорация, транспирация, влажность почвы, водный обмен, водный баланс.*

FEATURES OF EVAPORATION FROM THE AGROCENOSIS SOIL SURFACE CALCULATION AT DROP AND SPRINKLING IRRIGATION

Buber A.A., Dobrachev U.P.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

***Abstract.** To assign a strategy for the land reclamation measures management, as well as assessing their effectiveness, the authors proposed the simulation methods of the soil-plant-atmosphere system use, based on accumulated domestic and foreign experience and experimental material obtained in the Volgograd region from early potato plantings. The main factor affecting the agrocenosis yield is the presence of moisture available to the plant in the soil layer occupied by roots, and therefore, special attention should be paid to modeling evaporation and transpiration, and the movement of moisture in the soil profile during irrigation (drip and sprinkling) and precipitation. The article describes the algorithm for water exchange calculating. The mathematical model is implemented using standard Microsoft Excel software, which makes it accessible and simple enough for the user.*

***Keywords:** evaporation, transpiration, soil moisture, water exchange, water balance.*

В динамической модели «РОТАТО» имитируется развивающийся агроценоз раннего картофеля от фазы «посадка» до фазы «техническая спелость клубней» и, в зависимости от влажности почвы в прикорневой зоне и напряженности метеорологических условий, оцениваемых по температуре воздуха и испаряемости, назначается его орошение с помощью капельной линии или мелкодисперсного дождевания. Модель позволяет контролировать развитие посева и формирование урожая клубней в ситуациях, когда продукционный процесс может лимитироваться запасом почвенной влаги и элементами минерального питания, структурными компонентами куста картофеля (площадь листьев, глубина корней и др.) и погодными факторами. Центральное место в модели занимает расчет водного баланса почвы орошаемого участка. Учитывается поступление воды на листовую поверхность (интерцепция) и в почву с осадками и поливами, и испарение влаги с поверхности почвы (эвапорация) и надземной части растений, а также отбор влаги корнями в результате транспирации листьев; учитывается возможный поверхностный и инфильтрационный стоки.

Ранее, мы отмечали, что структура и функциональные блоки модели «РОТАТО» сформированы на базе публикаций ученых, внесших существенный вклад в экологическую физиологию растений и моделирование агроэкосистем (Е.П. Галямин, Р.А. Полуэктов, Х.Г. Тооминг, Ю.К. Росса, С. Т. de Wit, А.Г. Лорх, А.И. Коровин) [1,2]. Для расчета водного обмена развивающегося агроценоза, орошаемого с помощью системы капельного полива и мелкодисперсного дождевания, мы сочли рациональным использовать практический подход, предложенный американским агрофизиком J. Ritchie для культур сплошного сева. В частности, этот подход предполагает отдельный расчет испарения с поверхности почвы (эвапорация, E_s) и отбор влаги корнями растений и ее вынос листьями в атмосферу (транспирация, E_p). Алгоритм позволяет рассчитывать испарение с «чистой» поверхности почвы, до сева культур, в период от сева до появления всходов, и далее по мере нарастания площади листьев и их полного смыкания [3].

Как и в большинстве других динамических моделей агроценозов, алгоритм Ritchie использует в расчетах водного обмена такую интенсивную характеристику как потенциальное испарение (E_0), вычисляемую по уравнению Н. Л. Penman [4], в котором радиационный баланс учитывает альбедо почвы и культуры в зависимости от площади проективного покрытия растений. Для этого используется эмпирическое уравнение: альбедо агроценоза ежедневно пересчитывается, учитывая долю площади занятую растениями, вместе с нарастанием листовой массы меняется значение альбедо агроценоза с момента сева от альбедо почвы до альбедо культуры (в случае достижения листового индекса, обеспечивающего 100% проективное покрытие). Полагая, что на испарения влаги с поверхности почвы частично покрытой растениями влияние ветровой функции и дефицит влаги воздуха незначительно, вводится характеристика потенциального испарения для поверхности почвы (E_{0s}), в которой, как и для потенциального испарения со всего агроценоза, отдельно рассчитывается радиационный баланс почвы под растительным покровом.

Испарение с поверхности почвы рассчитывается в два этапа: 1-й этап для случая, когда процесс испарения лимитируется только приходом солнечной энергии (содержание влаги в верхнем слое почвы высокое); 2-й этап – испарение лимитируется притоком влаги к поверхности, и ее скорость определяется гидрофизическими свойствами почвы и влажностью. Процедура расчета эвапорации начинается с определения наличия дождя на текущую дату и количества влаги в верхнем слое почвы. Если осадки или поливы в виде дождя имеются, то величина суммарного суточного испарения с поверхности почвы оценивается по соотношению:

$$E_{S1} = \text{Min}(E_{os}, U), \quad (1)$$

где: U - максимальное количество возможного выноса влаги из верхнего слоя почвы, испарение которой лимитируется приходом энергии; E_{S1} - суточное испарение влаги в процессе первого этапа испарения, мм.

Учитывается сумма испарения за период первого этапа (ΣE_{S1}), и в случае ее превышения максимума (U), эвапорация рассчитывается по правилу второго этапа. Таким образом, ежесуточно проверяется неравенство $\sum_i^n E_{S1}(i) \leq U$ и при его выполнении расчет испарения по правилу первого этапа продолжается, т.е.:

$$\Sigma E_{S1} = \Sigma E_{S1} - P + \text{Min}(U, E_{os}), U, \quad (2)$$

где: P - осадки или поливы дождеванием в i -е сутки, мм.

Если сумма ΣE_{S1} становится больше U , то расчет эвапорации выполняется по алгоритму второго этапа, при котором вынос влаги из почвы (ΣE_{S2}) определяется влажностью и гидравлическими свойствами почвы. Согласно правилу, выведенному Black для процесса испарения лимитированного гидравлической проводимостью почвы, сумма испарения влаги из почвы представляется формулой:

$$\sum_{i=1}^l E_{S2}^1(i) = \alpha \cdot i^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

где: α - характеристика свойств почвы (влагопроводность), для суглинистых почв Нижнего Поволжья составляет $4,04 \text{ мм/сутки}^{1/2}$ для насыщенной влагой почвы, при давлении влаги в $0,1 \text{ бар/см}$ [5]; i - число суток с начала процесса второй стадии высыхания почвы при насыщении влагой нижних горизонтов почвы. Тогда испарение за сутки можно рассчитать по разности:

$$E_{S2}^1(i) = \alpha \cdot (i-1)^{\frac{1}{2}} - \alpha \cdot (i)^{\frac{1}{2}}. \quad (4)$$

На основе данных о свойствах корнеобитаемого слоя почвы, полученных в ходе проведения полевых опытов (водно-физические свойства, механический состав, агрохимические показатели, морфология профиля), весь почвенный горизонт (Z) разбивается на ряд однородных слоев, согласно морфологическому описанию. Число слоев может быть задано произвольно в соответствии с име-

ющимися данными о свойствах почвы по горизонтам, либо в соответствии со стандартной разбивкой, примененной при измерениях влажности по слоям. Сумма всех горизонтов почвенных слоев, задаваемых в модели, должна быть больше слоя, занимаемого корнями растений. Толщина верхнего слоя не должна быть более 100 мм. Для каждого слоя почвы должны быть определены характеристики по гранулометрическому составу и водно-физические свойства почв опытного участка. Корневая система раннего картофеля сорта «Импала» достигает максимальной глубины 0,8 метра, поэтому на опытном участке отбор почвенных образцов для анализа производили до глубины 0,8 м.

Для эффективного использования алгоритма Ritchie толщина верхнего слоя принимается равной:

$$z_0 = U / (\theta_{sat} - \theta_{res}); \quad (5)$$

где: z_0 - толщина верхнего слоя, мм; U - предельное количество влаги, испаряющееся на первом этапе процесса эвапорации, мм; θ_{sat} , θ_{res} - объемное содержание влаги в верхнем слое почвы при насыщении и при воздушной гигроскопичности почвы соответственно, мм³/мм³. В балансовых расчетах почвенная влага представлена в двух размерностях: единицы объемной влажности (мм³/мм³) используются для описания удельного содержания доступной влаги (w); относительные единицы (θ/θ_{sat}) в долях или % от НВ (W) используются в функциях и для отображения на графиках.

Увлажнение почвенного горизонта при выпадении осадков или при поливе дождеванием происходит в процессе впитывания по всей поверхности: слои почвы, начиная с верхнего, последовательно заполняются водой до насыщения и расчет эвапорации выполняется по правилу первой фазы испарения. Избыток воды поступает в зону влияния грунтовых вод, недоступную для корней.

При назначении полива капельным способом в расчетах эвапорации величина потенциального испарения не изменяется, верхний слой почвы сохраняет свою влажность, а поступающая из капельницы вода заполняет второй и остальные нижележащие горизонты. В этом случае расчет эвапорации из почвы выполняется по алгоритму первой либо второй, менее интенсивной, фазы испарения. Результаты численных экспериментов расчета эвапорации и транспирации картофеля орошении с помощью дождевания и капельного полива при одинаковых поливных нормах нетто при сохранении почвенных и погодных условий приведены на рисунке 1.

Используя возможности предложенного метода, обусловленные отдельным расчетом эвапорации и транспирации, при назначении мелкодисперсного дождевания вводится проверенное опытным путем допущение о снижении значения потенциального испарения на величину распыленной с помощью МДД по площади воды в мм (для условий Волгоградской обл.), что учитывается в расчетах эвапотранспирации агроценоза. По такому же принципу в алгоритме J. Ritchie учитываются осадки, выпадающие в малых количествах (1-3 мм). Результаты расчетов водного баланса почвы для всех вариантов опытов при капельном и комбинированном способах полива показывают, что наблюдающая-

ся закономерность эффективности использования влаги при различных способах полива различается, как показано на рисунке 2 и в таблице.

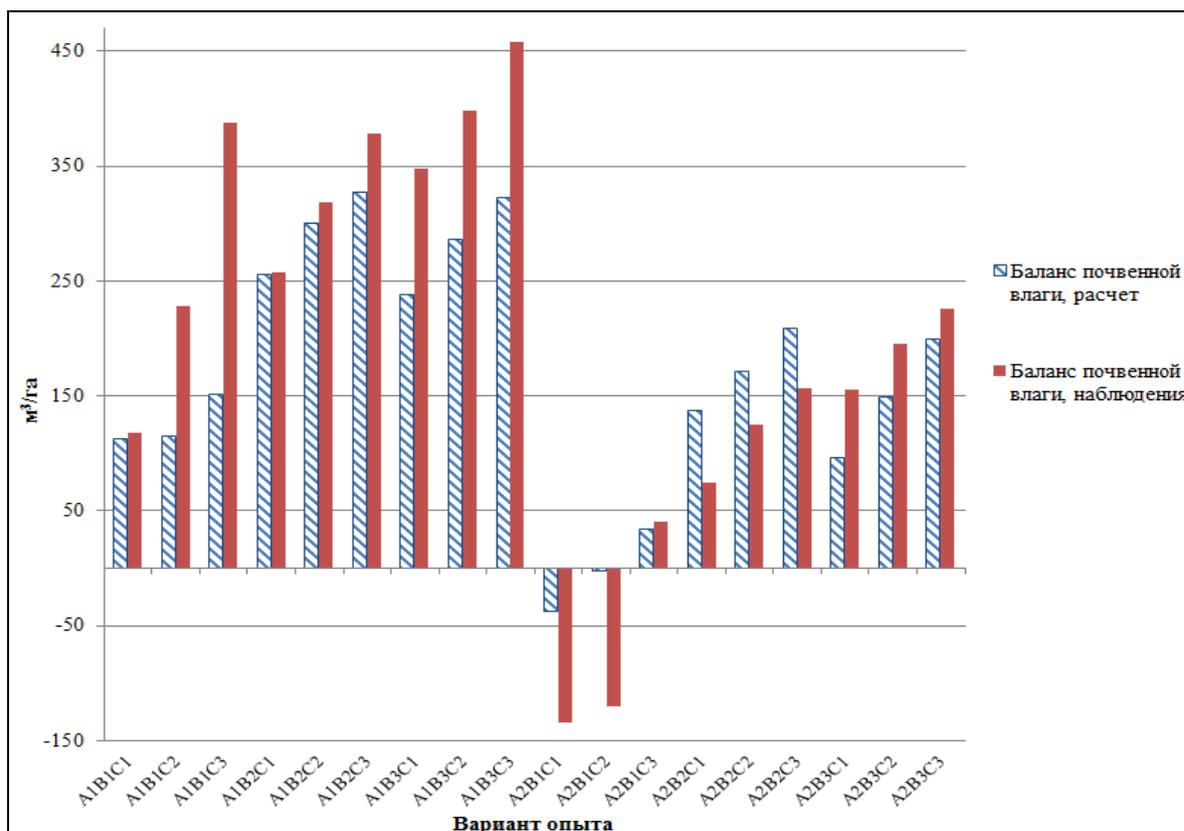
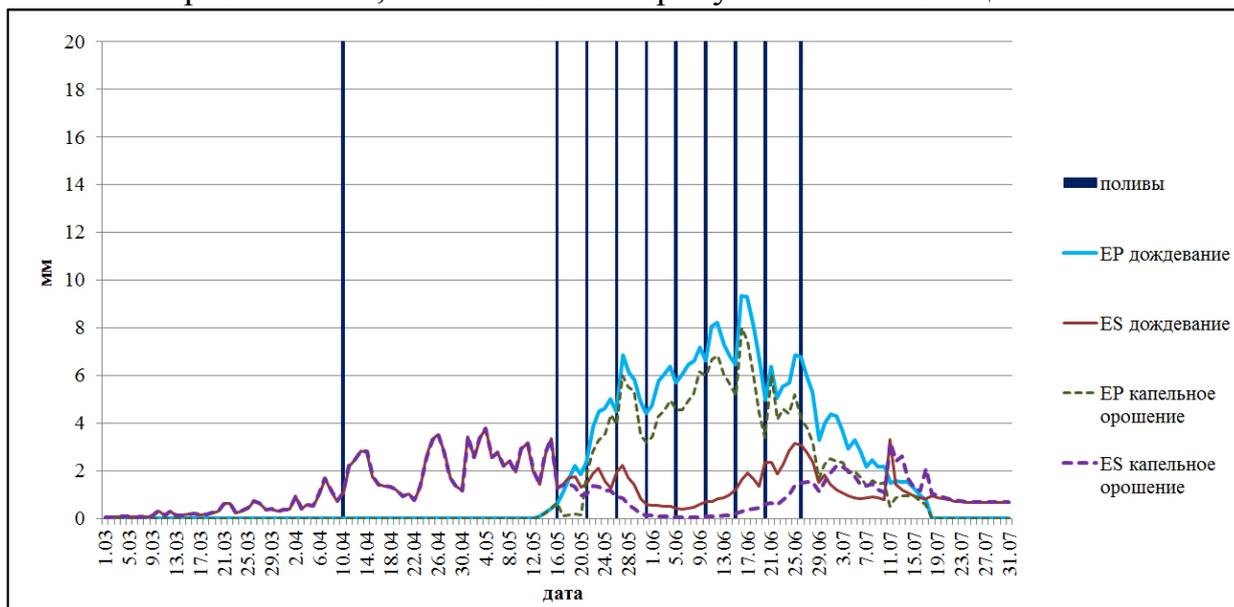


Таблица - Сравнение фактического баланса почвенной влаги и расчетного по приходным (фактическим) и расходным (расчетным) составляющим по изучаемым вариантам опытов 2015 г.

Вариант опыта	Эвапорация (EP), м ³ /га	Транспирация (ES), м ³ /га	$Q_{\text{расч}} = EP + ES$	Осадки (P), м ³ /га	Поливы капельное орошение (Q _{кап}), м ³ /га	Поливы МДД (Q _{МДД}), м ³ /га	$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{кап}} + Q_{\text{МДД}} + P$	Начальный запас доступной влаги, м ³ /га	Конечный запас доступной влаги, м ³ /га	Баланс почвенной влаги, м ³ /га	Конечный запас доступной влаги, м ³ /га	Баланс почвенной влаги, м ³ /га	Разница фактического и расчетного балансов, м ³ /га
	расчет на модели «ПОТАТО»												
A1B1C1	1898	2090	3988	1623	2000	-	3623	500	387	113	382	118	5
A1B1C2	1899	2089	3988	1623	2000	-	3623	500	385	115	272	228	113
A1B1C3	1855	2175	4030	1623	2000	-	3623	500	348	152	112	388	236
A1B2C1	1735	2441	4176	1623	1800	-	3423	500	243	256	242	258	2
A1B2C2	1684	2587	4271	1623	1800	-	3423	500	199	300	182	318	18
A1B2C3	1644	2671	4315	1623	1800	-	3423	500	172	327	122	378	51
A1B3C1	1764	2299	4063	1623	1700	-	3323	500	261	239	152	348	109
A1B3C2	1706	2449	4155	1623	1700	-	3323	500	213	286	102	398	112
A1B3C3	1666	2549	4215	1623	1700	-	3323	500	177	323	42	458	135
A2B1C1	2027	1979	4006	1623	2200	237	4060	500	537	-38	634	-134	-96
A2B1C2	1989	2061	4050	1623	2200	237	4060	500	502	-3	620	-120	-117
A2B1C3	1919	2189	4108	1623	2200	237	4060	500	466	34	460	40	6
A2B2C1	1798	2456	4254	1623	2000	243	3866	500	362	138	425	75	-63
A2B2C2	1732	2600	4332	1623	2000	243	3866	500	329	171	375	125	-46
A2B2C3	1676	2727	4403	1623	2000	243	3866	500	291	208	344	156	-52
A2B3C1	1833	2302	4135	1623	1900	243	3766	500	404	96	345	155	59
A2B3C2	1772	2435	4207	1623	1900	243	3766	500	351	149	305	195	46
A2B3C3	1694	2610	4304	1623	1900	243	3766	500	300	200	274	226	26

При комбинированном орошении использование почвенной влаги растением ниже, чем при капельном орошении, это связано в первую очередь с увеличением оросительной нормы за счет увеличения продолжительности вегетационного периода, и использованием МДД, оказывающим влияние на транспирацию (снижение). Внесение повышенных доз минерального питания увеличивает водопотребление при капельном и комбинированном орошении. Отзывчивость водного режима на уровень внесения минеральных удобрений, обусловлена развитием корневой системы и надземной части растений, а также повышением фотосинтетического потенциала. При комбинированном орошении и применении МДД растения более эффективно используют почвенную влагу.

Выводы

Эвапорация и транспирация рассчитываются по модифицированному нами алгоритму Ritchie, который позволяет при поступлении влаги в почву при капельном орошении обеспечивать возможность сохранения верхнего слоя почвы

в подсушенном состоянии и его альбедо, а также учитывать в водном балансе агроценоза мелкодисперсное дождевание, как интероцепцию осадков на растительном покрове, приводящую к снижению суточной величины испаряемости. Увлажнение нижележащих слоев в процессе фильтрации осадков и поливов задается согласно правилу, при котором слои почвы последовательно заполняются водой (начиная с верхнего и далее вниз) только до величины их наименьшей влагоемкости.

В расчеты эвапорации включены дополнительные параметры альбедо сухой и влажной почвы, площадь испаряющей поверхности, величина которой связана со способом посадки и геометрическими характеристиками гряды.

Список использованной литературы

1. Бородычев В.В., Бубер А.А., Добрачев Ю.П. Мониторинг гидротермического режима картофельного поля в условиях субаридной зоны с применением имитационной модели / Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 397-409.
2. Овчинников А.С., Бубер А.А., Добрачев Ю.П., Бородычев В.В. Динамическая модель раннеспелого картофеля для регулирования гидротермического режима агроценоза в условиях Волгоградской области / Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 65-76.
3. Ritchie J. T. A precision weighing lysimeter for row crop water use studies / Ritchie J. T., Burnett E. // Agron. J., n 60, 1968. - p. 545-549.
4. Penman H. L. Evaporation: an introductory survey / Netherl. J. Agric. Sci., 4, 1956, p. 9- 29.
5. Black T. A. The prediction of evaporation, drainage, and soil water storage for a bare soil / T. A. Black, W. R. Gardner, G. W. Thurtell // Soil Sci. Soc. Am. Proc., 33, 1969. - p. 655-660.

References

1. Borodychev V. V., Buber, A. A., Y. P. Dobrachev Monitoring hydrothermal regime of a potato field in conditions of semi-arid zones with the use of a simulation model / news of the nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2019. No. 2 (54). Pp. 397-409.
2. Ovchinnikov A. S., Buber, A. A., Domrachev Y. P., Borodachev V. Dynamic model of early-maturing potatoes to regulate the hydrothermal regime of agrocenosis in the conditions of the Volgograd region / proceedings of lower Volga agrodiversity complex: Science and higher professional education. 2018. no. 4 (52). Pp. 65-76.
3. Ritchie J. T. A precision weighing lysimeter for row crop water use studies / Ritchie J. T., Burnett E. // Agron. J., n 60, 1968. - p. 545-549.
4. Penman H. L. Evaporation: an introductory survey / Netherl. J. Agric. Sci., 4, 1956, p.9 - 29.
5. Black T. A. The prediction of evaporation, drainage, and soil water storage for a bare soil / T. A. Black, W. R. Gardner, G. W. Thurtell // Soil Sci. Soc. Am. Proc., 33, 1969. - p. 655-660.

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ НИЗКОНАПОРНОЙ СЕТИ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Губин В.К.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

***Аннотация.** Статья содержит анализ процесса разработки низконапорной сети капельного орошения, начиная с подачи в 1985 г. заявки на изобретение «оросительная сеть для полива склоновых земель». Периодически, по результатам испытаний в производственных условиях, в конструкцию поливной сети вносились изменения. Усовершенствованные конструкции также испытывались на опытных участках. В связи с прекращением исследований в Таджикистане работы по разработке низконапорной системы капельного орошения были возобновлены с изучением возможности применения низконапорной сети при небольших уклонах, а также на безуклонных участках. Целесообразность разработки такой системы капельного орошения на ровных участках мотивировалась возможностью отказаться от использования дорогостоящих фильтров тонкой очистки воды и дополнительной подкачки для создания рабочего напора. В процессе исследований были рассмотрены различные варианты низконапорной сети капельного орошения. В результате была создана конструкция низконапорной сети капельного орошения с автоматической промывкой трубопровода в конце полива, которая может применяться как на склонах, так и на выровненных участках.*

***Ключевые слова:** капельное орошение, низконапорная сеть капельного орошения, капельное орошение склоновых земель, капельное орошение на выровненных участках.*

METHODOLOGY FOR DEVELOPING A LOW-PRESSURE DRIP IRRIGATION NETWORK

Gubin V.K.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

***Abstract.** The article contains an analysis of the process of developing a low-pressure drip irrigation network, starting with the filing of an application for patent on the invention of “Irrigation network for watering of sloping lands” in 1985. Periodically, based on the results of the field tests, changes were made to the design of the irrigation network. Improved devices have also been tested in pilot plots. Due to the termination of research in Tajikistan, work on the development of a low-pressure drip irrigation system was resumed with the study of the possibility to use a low-pressure irrigation network for smaller slopes, as well as on level areas. The feasibility of developing such drip irrigation systems for flat areas was motivated by the opportunity to abandon the use of expensive filters for fine water purification and additional pumping to create a working pressure. During the research process various options for a low-pressure drip irrigation network were considered. As a result, a low-pressure drip irrigation network design was created with automatic flushing of the pipeline at the end of irrigation, which can be used both on slopes and in leveled areas.*

***Keywords:** drip irrigation, low-pressure drip irrigation network, drip irrigation of sloping lands, drip irrigation of level areas.*

Системы капельного орошения в настоящее время получают все большее распространение в фермерских хозяйствах и на приусадебных участках. Особенностью большинства систем капельного орошения является обеспечение

равномерности распределения воды по длине трубопровода с капельницами за счет достаточного напора в сети – 10-20 м. Последующая подача воды к растениям в виде капель расходом 0,8-4,0 л/час достигается путем снижения давления до 0 в узком длинном канале капельного водовыпуска. В большинстве капельниц сечение этого канала регулируется с помощью мембраны, прижимаемой давлением воды в трубопроводе к каналу. При таком способе капельного полива высокие требования предъявляются к уровню очистки воды, так как даже частицы ила способны перекрыть сечение канала и нарушить равномерность распределения воды по длине поливного трубопровода. Очистку воды, забираемой из водоемов, как правило, осуществляют с помощью песчаных или пластинчатых фильтров. Обе эти конструкции требуют дополнительного расхода воды для периодической промывки и дополнительных затрат энергии для преодоления сопротивления фильтрующего элемента. При использовании на орошение воды из артезианских скважин часто возникает проблема температурного стресса у растений при подаче холодной воды. Температура воды в скважине может составлять от 5 до 15 °С в зависимости от глубины скважины. Таким образом, к основным недостаткам напорных систем относятся высокая энергоемкость процессов подачи и очистки воды.

В связи с этим представляет интерес другое направление капельного орошения – безнапорная или низконапорная подача воды в поливные трубопроводы по склону и формирование напора за счет высоты корпуса капельницы. Такой напор составляет от 3 до 10 см. При этой величине напора для обеспечения расхода капельницы 1-2 л/час диаметр ее водовыпускного отверстия составит 1,0-1,5 мм. Такой размер водовыпускного отверстия позволяет отказаться от использования песчаных фильтров для очистки воды от илистых частиц. Кроме того, при заборе воды из артезианской скважины ее подают в накопительный бак, где она подогревается и под напором, создаваемым слоем воды в нем, поступает в поливной трубопровод самотеком.

Разработка низконапорной сети капельного орошения нами была начата в 1985 г. при проведении исследований в Таджикской ССР, для орошения земель с крутыми (более 40°) склонами сухих холмов - «адыров».

В это время оросительная техника для полива таких земель была представлена только комплектами синхронно-импульсного дождевания КСИД-10 применяемых для орошения кормовых культур. В институте была разработана «оросительная сеть для полива склоновых земель», на которую получено авторское свидетельство СССР на изобретение №1304785 [1].

В 1985 г. был построен первый опытный участок, где проводилась проверка работоспособности предложенной сети. Эта сеть включала систему распределительных и поливных трубопроводов, подвешенных с уклоном 0,01-0,03 к шпалерной проволоке винограда. На этих трубопроводах были установлены капельницы, выполненные в виде вертикально расположенных емкостей. В верхней части каждой капельницы выполнено воздуховыпускное отверстие, а в нижней части водовыпускное отверстие диаметром 2-3 мм. Концевой участок поливного трубопровода был выведен в короткую борозду. Таким образом, движение воды по трубопроводу происходило в безнапорном режиме за счет

геодезического уклона, а напор в капельнице равнялся высоте капельного водовыпуска - 50-60 мм. Такой напор позволял подавать через отверстие 2 мм 8-10 л/час. Такой расход обеспечивали используемые в качестве аналога американские капельницы «Рейн-Берд». Эти капельницы работали при напорах 30-40 м. Они имели сложную конструкцию, включающую механизм ручной промывки при засорении. Их стоимость превышала стоимость низконапорной капельницы более чем в 10 раз.

Данная конструкция низконапорной сети дорабатывалась с учетом отмеченных недостатков, выявленных при испытаниях. В частности, было установлено, что на лессовых почвах вода, вытекавшая из концевой участка поливного трубопровода, при размещении поливного трубопровода по наибольшему уклону производит размыв грунта. Этот недостаток был учтен в изобретении «способ полива многолетних насаждений на склонах». В 1987 г. на это изобретение было получено авторское свидетельство СССР № 1360650 [2].

После прекращения исследований в Таджикистане разработку низконапорных систем капельного орошения для применения их в условиях небольших уклонов и на безуклонных участках. Опыт использования низконапорных поливных трубопроводов на склоновых участках показал, что для труб, изготовленных из полиэтилена высокой плотности (ПВП), характерно провисание и отклонение от прямой линии. Поэтому трубопровод крепили к шпалерной проволоке в местах расположения капельниц, что обеспечивало их одинаковое положение относительно поверхности земли. Наличие уклона обеспечивало свободное течение воды, несмотря на некоторое провисание труб. При разработке низконапорной системы для равнинных участков были предусмотрены возможности создания уклона за счет использования сборного трубопровода из отрезков жестких труб, прикрепленных к шпалерной проволоке телескопическими подвесками и соединенных между собой гофрированными эластичными муфтами (рисунок). К этим муфтам подключались сменные патрубки с калиброванными отверстиями [3].



Рисунок - Участок низконапорного трубопровода из жестких труб, соединенных гофрированными муфтами

Дальнейшее совершенствование низконапорного трубопровода для полива ровных участков предусматривало возможность применения его при отсутствии шпалерной проволоки. Трубопровод собирался из отрезков жестких труб, соединяемых в раструб с уплотнительными манжетами и устанавливаемых на раздвижных стойках. Трубопровод оборудовался регулятором расхода в головной части и коленчатым патрубком для регулирования стока в конце. При этом капельницы выполнялись в виде трубочек с калиброванными насадками на концах. На эту конструкцию был выдан патент РФ №2365096 [4].

Испытания трубопроводов, выполненных из отрезков жестких труб, на регулируемых подвесках или опорах показали ненадежность их соединений и устойчивости опор. Это заставило вернуться к конструкции низконапорного поливного трубопровода, выполняемого из цельной трубы ПВП, обеспечив компенсацию неровности трубопровода конструкцией водовыпуска, который состоит из нескольких частей. Основная его часть - отходящая от трубопровода трубка диаметром 3-10 мм, к ней подключен патрубок-дозатор, сопряженный с водоотводящей трубкой, расположенной у растения. Концевая часть поливного трубопровода снабжена водовыпуском в короткую борозду [5]. Испытания этого поливного трубопровода, проведенные в Волгоградской области на винограднике, показали достаточно высокую равномерность распределения воды капельными водовыпусками по длине поливного трубопровода. При этом было установлено, что после окончания полива за счет температурного расширения полиэтилена трубопровод удлиняется и провисает. В местах провисания между водовыпусками в трубопроводе остается вода. В этой воде в межполивной период наблюдается образование микроводорослей, которые при повторном поливе засоряют патрубки - дозаторы.

Для устранения этого недостатка была разработана конструкция низконапорного трубопровода капельного орошения, защищенная патентом на полезную модель [6].

Сущность этого устройства заключалась в том, что головной участок трубы жестко зафиксирован на первой опоре шпалеры. Трубу распрямляют, а на ее концевом участке закрепляют хомут, связанный с натяжным механизмом, состоящим из тяги, пружины и талрепа, закрепленного на винтовом якоре. Вода, подаваемая в трубопровод, всегда имеет более низкую температуру, чем нагретый солнцем пустой трубопровод. Поэтому, при заполнении трубопровода происходит уменьшение его длины, которое компенсируется натяжением пружины. После прекращения полива трубопровод нагревается и расширяется, а пружина сжимается, сохраняя трубопровод в прямолинейном положении, которое обеспечивает полное опорожнение трубопровода от воды.

В процессе последующей доработки низконапорного трубопровода решалась задача использования в его конструкции элементов автоматизации процесса промывки трубопровода, после окончания полива. Сущность технического решения, составляющего новизну этого устройства, состоит в разработке механизма регулирования поддержания уровня заполнения поливного трубопровода водой и автоматического опорожнения его после прекращения полива [7].

При использовании этой сети низконапорных трубопроводов перед началом полива трубопровод с помощью пружины натяжного механизма удерживается в горизонтальном положении. При заполнении его водой, температура которой ниже, чем у трубопровода, нагреваемого солнечными лучами, произойдет уменьшение длины трубопровода. При этом, благодаря уменьшению трубопровода и закреплению его головной части к передней стойке шпалеры, фиксирующая муфта сместится в сторону начала трубопровода и с помощью тросика через систему блоков приподнимет патрубок над уровнем конца поливного трубопровода, обеспечив заполнение трубопровода водой и подачу ее через капельницы. После выдачи расчетной поливной нормы подачу воды прекращают. При прекращении подачи воды в трубопровод ее остатки стекают через капельницы. Трубопровод нагревается и, благодаря расширению материала трубы, удлиняется. Муфта, жестко связанная с трубой, возвращается в исходное положение, тросик ослабляется и опускает концевой патрубок, при этом происходит слив остатков воды через концевой сброс. При повторном поливе первые порции воды протекают по водоводу и производят его промывку до момента поднятия патрубка по мере охлаждения трубопровода.

При использовании в качестве водоисточника емкости с объемом, достаточным для выдачи поливной нормы, регулятор напора можно оборудовать электрифицированной задвижкой, соединенной с таймером, и производить автоматическую подачу воды согласно заданному режиму.

Выводы

Низконапорные системы капельного орошения могут найти применение при орошении земель на склоновых участках, где они обеспечивают значительную экономию средств, благодаря отсутствию насосов для создания рабочих напоров и фильтров тонкой очистки. Низконапорные системы будут иметь преимущества в условиях, когда вода забирается из прудов и нуждается в дополнительной очистке на песчаных фильтрах или требуется предварительный подогрев холодной воды, забираемой из артезианских скважины, и использовании дополнительных насосов для создания рабочего напора.

Список использованной литературы

1. Шейнкин Г. Ю., Губин В.К., Колядич В.М. Оросительная сеть для полива склоновых земель // А.С. СССР №1304785; МПК А 01G 25/02. - Приоритет от 4 января 1985 г., опубл. 23.04.1987 г. - Бюл. № 15.
2. Шейнкин Г.Ю., Губин В.К., Гавриков Б. И., Колядич В.М., Митянин Н.П. Способ полива многолетних насаждений на склонах // А.С. СССР № 1360650; МПК А 01G 25/02. - Приоритет от 14 июня 1985 г., опубл. 23.12.1987 г. - Бюл. № 47.
3. Губин В.К., Губер К.В., Храброво М.Ю. Оросительная сеть для капельного орошения // Патент РФ №2352105; МПК А01G 25/00. - Опубл. 20.04.2009. – Бюл. № 11.
4. Губин В.К., Губер К.В., Храбров М.Ю., Губина Н.Т. Низконапорная сеть для капельного орошения // Патент РФ №2365096; МПК А01G 25/02. - Опубл. 27.08.2009. – Бюл. № 24.
5. Губин В.К., Губер К.В., Храбров М.Ю., Кудрявцева Л.В. Система капельного орошения // Патент РФ №2384996; МПК А01G 25/00. - Опубл. 27.03.2010. – Бюл. № 9.
6. Губин В.К. Низконапорный трубопровода капельного орошения // Патент РФ на полезную модель №176071; МПК А01G 25/02. - Опубл. 27.12.2017. – Бюл. № 36.

7. Губин В.К., Максименко В.П., Храбров М.Ю., Кудрявцева Л.В., Колесова Н.Г., Корженевский Б.И., Хомутов Ю.А., Дорофеева И.Н. Низконапорная сеть капельного орошения // Патент РФ № 2653550; МПК А01G 25/02. - Оpubл.11.05.2018. – Бюл. № 14.

References

1. Sheinkin G. Yu., Gubin V. K., Kolyadich V. M. Irrigation network for irrigation of slope lands // A. S. USSR no. 1304785; МПК а 01G 25/02. - Priority of January 4, 1985, publ. 23.04.1987-bul. N 15.
2. Sheinkin G. Yu., Gubin V. K., Gavrikov B. I., Kolyadich V. M., Mityanin N. P. Method of irrigation. long-term plantings on slopes // A. S. USSR no. 1360650; IPC а 01G 25/02. - Priority of June 14, 1985, publ. 23.12.1987-bul. N 47.
3. Gubin V. K., Guber K. V., Khrabrovo M. Yu. Irrigation network for drip irrigation // Patent of the Russian Federation no. 2352105; IPC A01G 25/00. - Publ. 20.04.2009. - bul. N 11.
4. Gubin V. K., Guber K. V., Khrabrov M. Yu., Gubina N. T. low-Pressure network for drip irrigation // Russian patent no. 2365096; IPC A01G 25/02. - Publ. 27.08.2009. - bul . N 24.
5. Gubin V. K., Guber K. V., Khrabrov M. Yu., Kudryavtseva L. V. system of drip irrigation // Patent of the Russian Federation no. 2384996; IPC A01G 25/00. - Publ. 27.03.2010. - bul. N 9.
6. Gubin V. K. low-Pressure drip irrigation pipeline // Patent of the Russian Federation for the utility model no. 176071; IPC A01G 25/02. - Publ. 27.12.2017. - bul. N 36.
7. Gubin V. K., Maksimenko V. P., Khrabrov M. Yu., Kudryavtseva L. V., Kolesova N. G., Korzenevskiy B. I., Khomutov Yu. a., Dorofeeva I. N. low-Pressure drip irrigation network // Russian patent no. 2653550; IPC A01G 25/02. - Publ. 11. 05. 2018. - bul. N 14.

УДК 631.67

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.81.45.003

ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТОЯНИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ В 1990-2018 гг.

Демин А.П.

ФГБУН Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

***Аннотация.** Выявлено, что с 1990 г. по 2018 г. площадь орошаемых земель в стране сократилась с 6,2 до 4,7 млн. га. В последние десятилетия в России наметилась устойчивая тенденция ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель. Резко увеличилась площадь, на которой требуется проведение капитальных работ для повышения технического уровня оросительных систем.*

***Ключевые слова:** мелиоративное состояние орошаемых угодий, субъекты федерации, техническое состояние оросительных систем, площадь фактически политых земель*

CHANGES IN THE CONDITION OF RUSSIA IRRIGATED LANDS IN 1990-2018

Demin A.P.

Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

***Abstract.** It was revealed that from 1990 to 2018 the area of irrigated land in the country decreased from 6.2 to 4.7 million hectares. In recent decades, there has been a steady tendency in Russia to worsen the reclamation state of irrigated lands. The area on which capital work is required to increase the technical level of irrigation systems has sharply increased.*

***Keywords:** meliorative condition of irrigated lands, subjects of the federations, technical condition of irrigation systems, area of actually watered land*

Получение гарантированного объема сельскохозяйственной продукции и восстановление продовольственной безопасности России возможно только на основе комплексной мелиорации и механизации, широкой химизации земледелия, агропромышленной интеграции, рационального использования природных ресурсов, укрепления материально-технической базы сельхозпроизводителей. В условиях глобального продовольственного кризиса и резкого роста цен на продукты питания отечественное сельское хозяйство начинает все более восприниматься как национальный приоритет и стратегическое конкурентное преимущество нашей страны на международной арене.

Мировой опыт убедительно доказывает, что основным звеном стабилизации сельскохозяйственного производства является мелиорация. Орошаемое земледелие занимает пятую часть пахотных земель и дает почти 50% всего производства сельскохозяйственных культур. В развитых и крупных развивающихся странах мелиорируемые земли занимают весомую долю сельскохозяйственных угодий: в Индии – 36%, США – 39%, Германии – 45%, Китае – 55%, Англии – 80%.

В России на долю мелиорируемых земель приходится менее 5% угодий и 8% пашни, но даже они используются не всегда эффективно. На мелиорированных землях сегодня производится около 15% продукции земледелия (в 1980-е годы – более 30%). На них получают до 70% овощной, бахчевой продукции, картофеля, весь рис, 20 % кормов для животноводства и другую продукцию [1]. Около 80% сельскохозяйственных угодий страны расположено в зоне рискованного земледелия с недостаточным и неустойчивым увлажнением, с часто повторяющимися засухами и суховеями, резко снижающими урожайность и валовые сборы продукции. В этих условиях повышение продуктивности и устойчивое развитие земледелия невозможно без проведения комплексных мелиораций и освоения адаптивно-ландшафтных систем орошаемого земледелия.

Обобщающих работ, в которых комплексно анализируются проблемы трансформации площади и мелиоративного состояния орошаемых земель в масштабах России, тем более в динамике, довольно мало [2-7]. Большинство публикаций носит региональный характер, данные приводятся обычно за небольшое число лет. Вопрос региональных особенностей трансформации орошаемого сектора АПК России в постсоветской России до сих пор остается недостаточно изученным. Слабо представлены данные по мелиоративному состоянию орошаемых земель в отдельных регионах, площади орошаемых сельскохозяйственных угодий, не используемых в сельскохозяйственном производстве. Недостаточно изучен вопрос оценки площади фактически поливаемых угодий, особенно в длительной динамике. Все это является предметом исследования настоящей работы.

В качестве исходных материалов использовались в первую очередь данные департамента мелиорации Министерства сельского хозяйства РФ - показатели по оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем (мелиоративный кадастр).

Мелиоративное производство привнесло в сельское хозяйство характерные черты индустриального производства, главная из которых – более высокая территориальная концентрация производительных сил с гарантированными результатами высококвалифицированного труда. Однако с 1990 г. по 2018 г. площадь орошаемых земель в стране сократилась с 6,2 до 4,7 млн. га, а их доля в структуре сельхозугодий снизилась с 2,9% до 2,4% (орошаемой пашни – соответственно с 4,2% до 3,5%) [8-10]. Около 54% орошаемых угодий находится на юге европейской территории России – в Северо-Кавказском и Южном федеральных округах (табл. 1). В 2018 г. по сравнению с 1990 г. площадь орошаемых земель сократилась в Республике Марий Эл, Псковской и Кировской областях в 4–5 раз, в Новгородской и Ярославской областях – в 7 раз, Ивановской области – в 14 раз. В Костромской области из когда-то имеющихся 8 тыс. га орошаемых земель, к 2018 г. не сохранилось ни одного гектара. Однако в Республиках Хакасия, Северная-Осетия, Бурятия к 2018 г. сохранилось 96-99% земель.

Из общей площади орошаемых угодий в 2018 г. не использовалось в сельскохозяйственном производстве 735 тыс. га (15,8%), в значительной степени из-за засоления и заболачивания почв. Характерно, что в 1990 г. соответствующая относительная величина составляла только 3,7% орошаемых земель. В 2012-2013 гг. в сельскохозяйственном производстве по различным причинам не использовались более 1 млн. га орошаемых земель, а их доля в общей площади орошаемых земель достигала 25%. После утверждения Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» во многих регионах стали проводиться значительные работы по вовлечению в сельскохозяйственное производство не используемых земель, и площадь таких земель в России стала сокращаться.

Однако во многих субъектах федерации площадь заброшенных орошаемых земель еще очень велика. Так, в Республиках Башкортостан и Марий Эл, Тверской, Волгоградской, Астраханской областях, Хабаровском крае в сельскохозяйственном производстве не используется в настоящее время 50-60% земель, числящихся в составе орошаемых. В Рязанской же и Калининградской областях ни один орошаемый гектар не используется в сельском хозяйстве.

В последние десятилетия в России наметилась устойчивая тенденция ухудшения мелиоративного состояния земель. Доля земель, мелиоративное состояние которых оценивается как хорошее, снизилась с 66,4 в 1990 г. до 51,6% в 2018 г., а доля земель, мелиоративное состояние которых оценивается как неудовлетворительное, повысилась соответственно с 13,7 до 19,4%. Максимальное снижение доли орошаемых земель с хорошим мелиоративным состоянием произошло в Центральном и Северо-Западном округах – соответственно на 32 и 70 процентных пункта. В Дальневосточном округе, единственном из всех, отмечается рост доли земель с хорошим мелиоративным состоянием – с 21 до 37%. Несмотря на отмечаемый рост, по данному показателю Дальневосточный округ находится на одном из худших мест.

Таблица 1- Площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий и их мелиоративное состояния по уровню залегания грунтовых вод и засолению почв

Федеральный округ	Общая площадь орошаемых с/х угодий, тыс. га	в т.ч. площадь, не используемая в с/х производстве, тыс. га / %	мелиоративное состояние, %		
			хорошее	удовлетворительное	неудовлетворительное
<i>1990 г.</i>					
Россия	6155,6	229,2/3,7	66,4	19,9	13,7
Центральный	807,1	27,7/3,4	76,6	19,8	3,6
Северо-Западный	50,7	0,4/0,8	71,4	24,7	3,9
Северо-Кавказский	1192,4	32,0/2,7	53,7	21,6	24,8
Южный	1546,9	75,9/4,9	64,0	17,2	18,7
Приволжский	1512,2	64,8/4,3	79,9	12,5	7,7
Уральский	197,9	7,1/3,6	67,4	21,6	11,0
Сибирский	701,7	18,9/2,7	61,3	30,8	8,0
Дальневосточный	146,7	2,4/1,6	21,1	56,6	22,4
<i>2000 г.</i>					
Россия	4466,0	266,4/6,0	60,3	24,0	15,7
Центральный	524,9	38,9/7,4	55,6	31,8	12,6
Северо-Западный	23,0	0,4/1,7	4,8	57,0	38,3
Северо-Кавказский	978,0	6,2/0,6	50,6	23,1	26,3
Южный	1202,2	149,8/12,5	62,1	17,4	20,5
Приволжский	919,4	11,7/1,3	80,8	13,9	5,3
Уральский	155,2	2,7/1,7	58,1	33,3	8,6
Сибирский	551,9	55,3/10,0	51,8	41,0	7,3
Дальневосточный	111,4	1,3	34,8	46,0	19,2
<i>2018 г.</i>					
Россия	4 667,3	735,4/15,8	51,6	29,1	19,4
Центральный	482,8	64,9/13,4	44,3	29,8	25,9
Северо-Западный	16,7	2,7/16,1	8,5	56,8	34,8
Северо-Кавказский	993,7	181,3/18,2	40,5	25,3	34,2
Южный	1513,7	358,5/23,7	54,6	27,4	18,0
Приволжский	901,8	78,0/8,7	68,1	27,6	4,3
Уральский	120,1	12,5/10,4	52,8	36,7	10,5
Сибирский	498,3	60,5/12,1	47,2	40,7	12,1
Дальневосточный	140,3	18,4/13,1	36,8	28,8	34,4

В настоящее время в 12 субъектах федерации нет ни одного орошаемого гектара с хорошим мелиоративным состоянием, а в 22 субъектах доля таких земель составляет до 30%. В Республиках Карачаево-Черкесия, Северная Осетия, Тыва, Белгородской, Курской, Пензенской областях доля орошаемых земель с хорошим мелиоративным состоянием превышает 95%.

Резко возрастает площадь, на которой требуется проведение капитальных работ для повышения технического уровня оросительных систем. Если в 1990 г. удельный вес таких земель в общей площади орошаемых земель России составлял почти 28%, то к 2010 г. он удвоился и достиг почти 56%. К 2016 г. в результате списания части земель с разрушенной оросительной сетью и некоторого нового мелиоративного строительства доля таких земель снизилась до 48% (табл. 2). По существу, каждый второй орошаемый гектар в последние годы не работал в полную силу из-за различных строительных недоделок, плохой эксплуатации, длительного отсутствия ремонта. Особенно велика доля таких земель в Центральном и Северо-Западном округах (соответственно 75 и 87%).

Таблица 2 - Динамика площади орошаемых сельскохозяйственных угодий, на которых требуется проведение капитальных работ для повышения технического уровня систем, % общей площади

Федеральный округ	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2010 г.	2016 г.
Россия	27,7	29,7	47,1	55,7	47,9
Центральный	15,7	21,3	56,2	75,5	75,4
Северо-Западный	14,2	36,6	69,6	55,4	87,0
Северо-Кавказский	36,8	39,1	42,8	50,6	42,7
Южный	38,1	32,1	56,2	56,6	46,9
Приволжский	16,8	22,7	39,3	57,6	43,3
Уральский	13,8	20,1	41,4	59,8	55,1
Сибирский	30,1	29,9	37,1	40,7	42,3
Дальневосточный	32,9	27,5	59,7	55,0	39,2

В 2016 г. требовалось провести: комплексную реконструкцию оросительной сети на площади 2022 тыс. га; строительство и переустройство коллекторно-дренажной сети – на 455 тыс. га; ремонт оросительной сети – на 715 тыс. га; капитальную планировку земель – на 254 тыс. га; повышение водообеспеченности – на 226 тыс. га; ремонт коллекторно-дренажной сети – на 161 тыс. га и капитальную промывку засоленных почв – на площади 135 тыс. га.

Площадь земель России, входящих в состав орошаемых угодий, но которые фактически поливаются, поступательно снижалась с 4,88 млн. га в 1990 г. до 2,42 млн. га в 2010 г. Это снижение продолжалось вплоть до 2016 г., когда было полито только 1,39 млн.га. В 2017 и 2018 гг. площадь фактически политых земель повысилась до 1,7 млн. га. Если в 1990 г. доля фактически политых орошаемых сельскохозяйственных угодий превышала 79% общей площади угодий, то в 2016 г. она составляла менее 30%, но повысилась к 2018 г. до 36%.

Если рассматривать этот процесс в разрезе субъектов федерации, то в 1990 г. только в семи субъектах доля фактически политых земель не превышала 20% наличной площади орошаемых угодий, а еще в 15 субъектах она находилась в диапазоне 20-40%. В то же время в 28 субъектах поливалось более 80% площади орошаемых угодий, в том числе, в Республиках Дагестан, Тыва и Томской области все 100% наличной площади.

Спустя 28 лет из-за разрушения оросительной сети, нехватки дождевальной техники и квалифицированных кадров, дороговизны тарифов на электроэнергию и услуги водохозяйственных организаций уже в 39 субъектах федерации доля фактически политых земель не превышала 20% наличной площади орошаемых угодий (рис.). При этом в 13 субъектах не было полито ни одного орошаемого гектара, чего ранее не наблюдалось. Число субъектов федерации с долей полива более 80% орошаемых земель снизилось в четыре раза – с 28 до 7. Однако в четырех субъектах – Республиках Адыгее, Башкортостане, Алтайском крае и Новгородской области (где площадь орошаемых земель крайне незначительна) – в 2018 г. были политы все орошаемые земли.

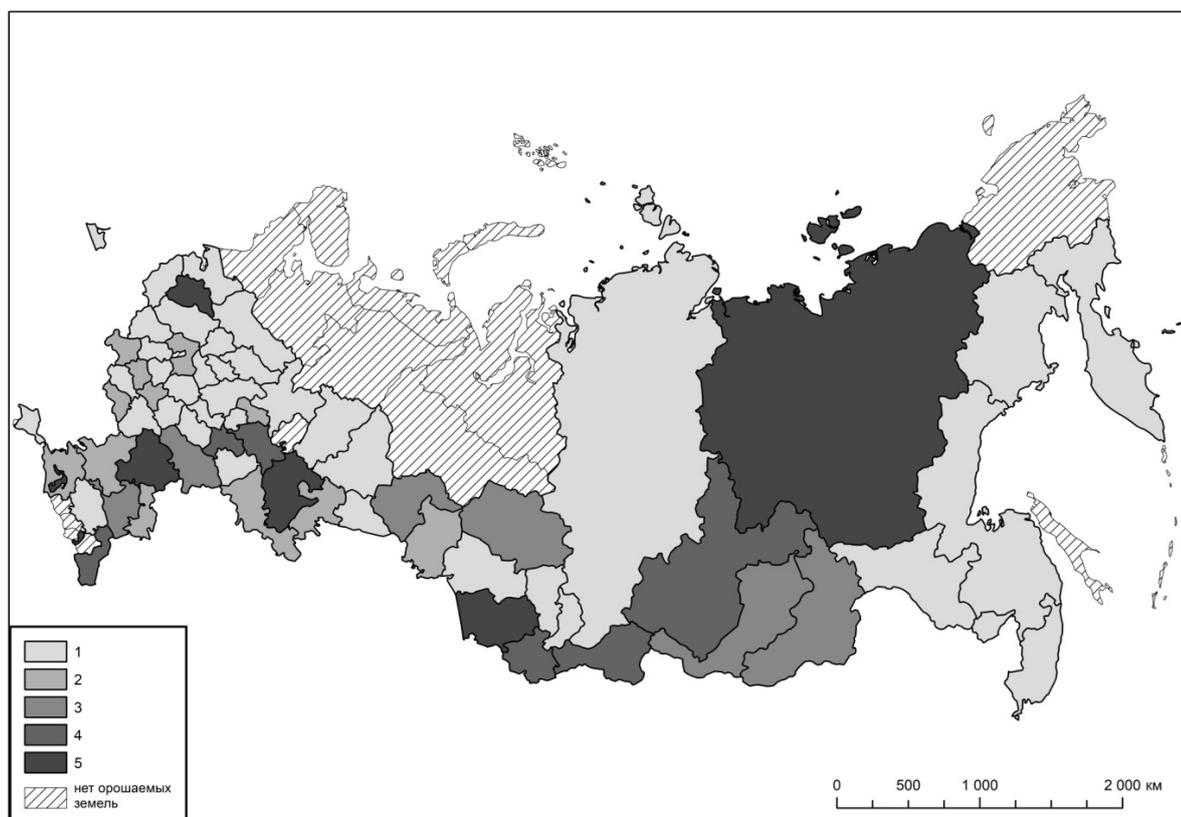


Рисунок - Доля фактически политых орошаемых сельскохозяйственных угодий в 2018 г., % общей площади

В последние годы в мелиоративном комплексе России наметились положительные сдвиги: улучшилось и приобрело большую стабильность федеральное финансирование, возросли размеры финансового участия в мелиорации земель местных органов и сельских товаропроизводителей, снизились темпы списания и вырос ввод в эксплуатацию мелиорируемых земель. Итоги реализации ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» за 2014-2017 гг. показали ее высокую эффективность [5]. Ресурсное обеспечение мероприятий за этот период за счет всех источников финансирования составило 77,9 млрд. руб., а реализация комплекса мероприятий программы позволила получить существенный экономический, социальный

и экологический эффект. Ввод в эксплуатацию мелиорированных земель за счет реконструкции, технического перевооружения и строительства новых мелиоративных систем сельскохозяйственными товаропроизводителями по итогам 2014-2017 гг. составил 377,6 тыс. га.

Важнейшей задачей для сельскохозяйственного производства России является приостановление дальнейшего снижения плодородия почвы, прогрессирующего в настоящее время. Стратегическое направление при решении этой задачи – осуществление комплексных мелиораций, в т.ч. гидротехнического характера. Использование орошаемых земель в экстремальных условиях показало, что производство продукции на этих угодьях остается стабильным, рентабельным и относительный объем его в 3-5 раз выше, чем на богаре.

Список использованных источников

1. Всероссийское совещание по развитию мелиоративного комплекса России // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 3. С.5-7.
2. Демин А. П. Эффективность использования водных и земельных ресурсов в орошаемом земледелии России // Мелиорация и водное хозяйство. 2001. № 5. С. 16-18.
3. Демин А.П. Мелиорация – фактор продовольственной безопасности // Экономика сельского хозяйства России. 2012. № 12. С.75-85.
4. Демин А.П. Состояние орошаемых земель и эффективность их использования в регионах России // Мелиорация и водное хозяйство. 2003. № 5. С. 7-10.
5. Итоги реализации (2014-2017 годы) федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы». - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. - 108 с.
6. Колганов А.В., Сухой Н.А., Шкура В.Н., Щедрин В.Н. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 220 с.
7. Кружилин И.П. Орошение земель в России за 30 лет (с мая 1966 по май 1996 г.) // Мелиорация и водное хозяйство. 1999. №3-4. С.2-4.
8. Мелиоративное состояние орошаемых и осушенных сельскохозяйственных угодий и техническое состояние оросительных и осушительных систем по состоянию на 01.01. 2001 г. (мелиоративный кадастр). – М.: МСХ РФ, 2001. – 36 с.
9. Показатели по оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем по состоянию на 1 ноября 1990 г. М.: МСХ РФ, 1991. 10 с.
10. Показатели по оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем по состоянию на 01.01. 2017 г. <http://msx-dm.ru>. Дата обращения – 18.09.2018.

References

1. All-Russian meeting on the development of a meliorative complex of Russia // Melioration and water economy. 2019. N 3. P. 5-7.
2. Demin A. P. Efficiency of water and land resources use in irrigated agriculture of Russia // Melioration and water management. 2001. N 5. Pp. 16-18.
3. Demin A. P. Melioration - factor of food security // Economics of agriculture in Russia. 2012. N 12. Pp. 75-85.
4. Demin A. P. State of irrigated lands and efficiency of their use in the regions of Russia // Melioration and water management. 2003. No. 5. P. 7-10.
5. Results of implementation (2014-2017) of the Federal target program "Development of agricultural land reclamation in Russia for 2014-2020". - Moscow: Rosinformagrotech, 2018. - 108 p.

6. Kolganov A.V., Sukhoi N. A., Shkura V. N., Shchedrin V. N. Development of land reclamation for agricultural purposes in Russia. Moscow: FSGNU "Rosinformagrotech", 2016. 220 p.
7. Kruzhilin I. P. Irrigation of land in Russia for 30 years (from may 1966 to may 1996) // Melioration and water management. 1999. N 3-4. P. 2-4.
8. Reclamation status of irrigated and drained agricultural lands and technical condition of irrigation and drainage systems as of 01.01. 2001 (land reclamation cadastre). Moscow: Ministry of agriculture of the Russian Federation, 2001, 36 p.
9. Indicators for assessing and accounting for the reclamation status of irrigated agricultural land and the technical condition of irrigation systems as of November 1, 1990. Moscow: Ministry of agriculture of the Russian Federation, 1991.10 p.
10. Indicators for assessing and accounting for the reclamation status of irrigated agricultural land and the technical condition of irrigation systems as of 01.01. 2017. [http: //mcx-dm.ru](http://mcx-dm.ru). Date of application-18.09.2018.

УДК 556.013: 502.1

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.49.15.004

СЦЕНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИГРАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА С ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ИМИТАЦИОННОЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОДОСБОРА МАЛОЙ РЕКИ

Добрачев Ю.П., Бубер А.А.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

***Аннотация.** Влияние антропогенной нагрузки на водные объекты и, вследствие этого, обострение экологической ситуации, связанной с ухудшением их состояния, предопределяет необходимость получения полной и достоверной информации об источниках и объемах поступления загрязнений. Определенная роль в развитии диффузного загрязнения рек принадлежит сельскому хозяйству, кроме того, загрязнения поступают с коммунально-бытовыми сбросами с территорий населенных пунктов, не имеющих централизованной канализации и системы очистных сооружений, а также с животноводческих ферм и мест выпаса скота. Анализ путей и объемов поступления поллютантов в грунтовые и речные воды выполнен на основе трехмерной имитационной модели гидрологического цикла агроландшафта, разработанной в программном комплексе MIKE SHE и дополненной оригинальным расчетным блоком для оценки потенциальной эвапотранспирации на примере бассейна р. Малый Караман.*

***Ключевые слова:** диффузное загрязнение, речной бассейн, имитационное математическое моделирование, квази-трехмерная геофильтрационная модель, орошение земель, водоохраные мероприятия, эколого-экономическая эффективность.*

SCENARIO RESEARCHES OF MINERAL NITROGEN MIGRATION FROM IRRIGATED LANDS ON THE SMALL RIVER HYDROLOGICAL DRAINAGE SIMULATION MODEL

Dobrachev U.P., Buber A.A.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

***Abstract.** The anthropogenic pressure impact on water objects and, as a result, the ecological situation aggravation associated with the deterioration of their condition, determines the need to*

obtain complete and reliable information about the sources and volumes of pollution. A certain role in the river diffuse pollution development belongs to agriculture, in addition, pollution comes from municipal discharges from the settlements territories that do not have a centralized sewage system and treatment facilities, as well as from livestock farms and grazing areas. An analysis of the pathways and pollutant influx volumes into ground and river waters was carried out on the basis of a three-dimensional agrolandscape hydrological cycle simulation model, developed in the MIKE SHE software package and supplemented by an original calculation unit for evaluating potential evapotranspiration, using the Maliy Karaman river basin as an example.

Keywords: *diffuse pollution, river basin, mathematical simulation, quasi-three-dimensional geofiltration model, land irrigation, water conservation measures, environmental and economic efficiency.*

Введение

Инструментарий MIKE SHE позволяет представить многолетнюю пространственно-временную картину гидрологического цикла и миграцию поллютантов сельскохозяйственного происхождения с водными потоками от источников загрязнений до их поступления в озерные и речные системы. Выбранный подход позволяет количественно оценить роль диффузного загрязнения и оптимизировать природоохранные и водоохранные мероприятия, определить допустимую техногенную нагрузку и места локализации природоохранных систем путем моделирования. Численные эксперименты позволяют изучать процесс миграции поллютантов и прогнозировать сроки и места локализации экологических явлений, возникающих как в результате негативного воздействия загрязнителей, так и позитивного влияния природоохранных мероприятий.

Моделирующий комплекс MIKE SHE получил широкое применение за рубежом, в частности, был использован для оценки влияния землепользования и изменения климата на движение подземных вод водосборного бассейна р. Тарим в Северо-Западном Китае в Синьцзян-Уйгурском автономном округе, в Бразилии для оценки антропогенного влияния вырубки лесов и строительства автомагистралей на водный режим притоков р. Амазонки [1].

Исследуемый водосборный бассейн р. Малый Караман расположен на Левобережном Заволжье в Марксовском районе Саратовской области и представляет собой возвышенную равнину с ровной или волнистой слабо расчлененной поверхностью. Река впадает в Волгоградское водохранилище у г. Маркс и при впадении имеет общее устье с р. Большой Караман. Протяженность реки составляет 89 км, водосборная площадь - 1050 км². Климат континентальный с холодной зимой и жарким летом. В пределах бассейна р. Малый Караман залегают средне- и маломощные темно-каштановые почвы по механическому составу относящиеся к тяжелым и средним суглинкам. Здесь также присутствуют солонцеватые лугово-каштановые почвы, солонцы и солончаки. Средний многолетний расход реки Малый Караман составляет 4 м³/с, но в период дождевых паводков и весеннего половодья кратковременно может достигать 15-17 м³/с. Воды реки по показателю удельного комбинаторного индекса оцениваются как загрязненные [2].

Еще в 70-х годах прошлого века в Марксовском районе были запроектированы и построены две крупные оросительные системы – Комсомольская и При-

волжская, введено в эксплуатацию около 80 тыс. га орошаемых земель. В настоящее время орошаемые земли на водосборе р. М. Караман (по данным космоснимков) составляют около 5 тыс. га. Основными источниками диффузного загрязнения реки являются орошаемые земли, на которых вносятся большие дозы минеральных удобрений, и животноводческие фермерские хозяйства, особенно места содержания и выпаса скота, расположенные вблизи реки.

Города и села не имеют централизованного водоотведения и очистных сооружений для коммунально-бытовых стоков, поэтому также оказывают значительное влияние на поступление загрязняющих веществ в речные воды.

Отсутствие данных о миграции поллютантов и объемах их поступления с сельскохозяйственных земель в грунтовые и речные воды определили необходимость использования методологии математического моделирования и сценарных исследований гидрологии территории водосбора, движения потоков поверхностных и грунтовых вод для изучения путей и объемов поступлений загрязнений в реки Малый Караман и Волгу с диффузным стоком с целью обоснования водоохраных мероприятий.

Материалы и методы

Для разработки трехмерной имитационной модели бассейна р. Малый Караман использовалась собранная и обработанная информация:

- цифровая модель рельефа,
- метеорологические данные,
- данные почвенных и гидрогеологических исследований,
- структура сельхозпроизводства,
- параметры гидрохимического и стокового режима р. Малый Караман.

MIKE SHE является программным модульным комплексом (рисунок 1) для имитации движения поверхностных, подземных вод и загрязняющих веществ в пористых средах.

Модульный подход позволяет использовать различные по уровню сложности описания основных процессов движения влаги в рассматриваемой системе от приземного слоя атмосферы до грунтовых вод, исходя из задач исследования и объема доступной информации для построения модели, и ее функционирования.

Модуль движения воды имитирует процессы движения влаги, происходящие на поверхности земли, в речной сети, в ненасыщенной и насыщенной зонах. Поверхностный сток в рассматриваемом модельном комплексе реализуется с помощью двухмерной диффузно-волновой аппроксимации уравнения Сен-Венана с использованием модифицированной явной итеративной схемы Гаусса-Зейделя, а также в виде дренажного стока и/или переноса, накопленного до критического уровня поверхностного слоя воды в соседнюю ячейку по гравитационному градиенту.

Модель влагопереноса в зоне аэрации использует неявную схему конечно-разностной аппроксимации уравнения Ричардса по методу элиминации Гаусса и двойной прогонки, либо (модуль двухслойной модели) рассчитывается водный баланс зоны аэрации, избытки влаги при насыщении почвы формируют

поверхностный сток и инфильтрационное питание грунтовых вод (без учета переноса влаги в ненасыщенной зоне).

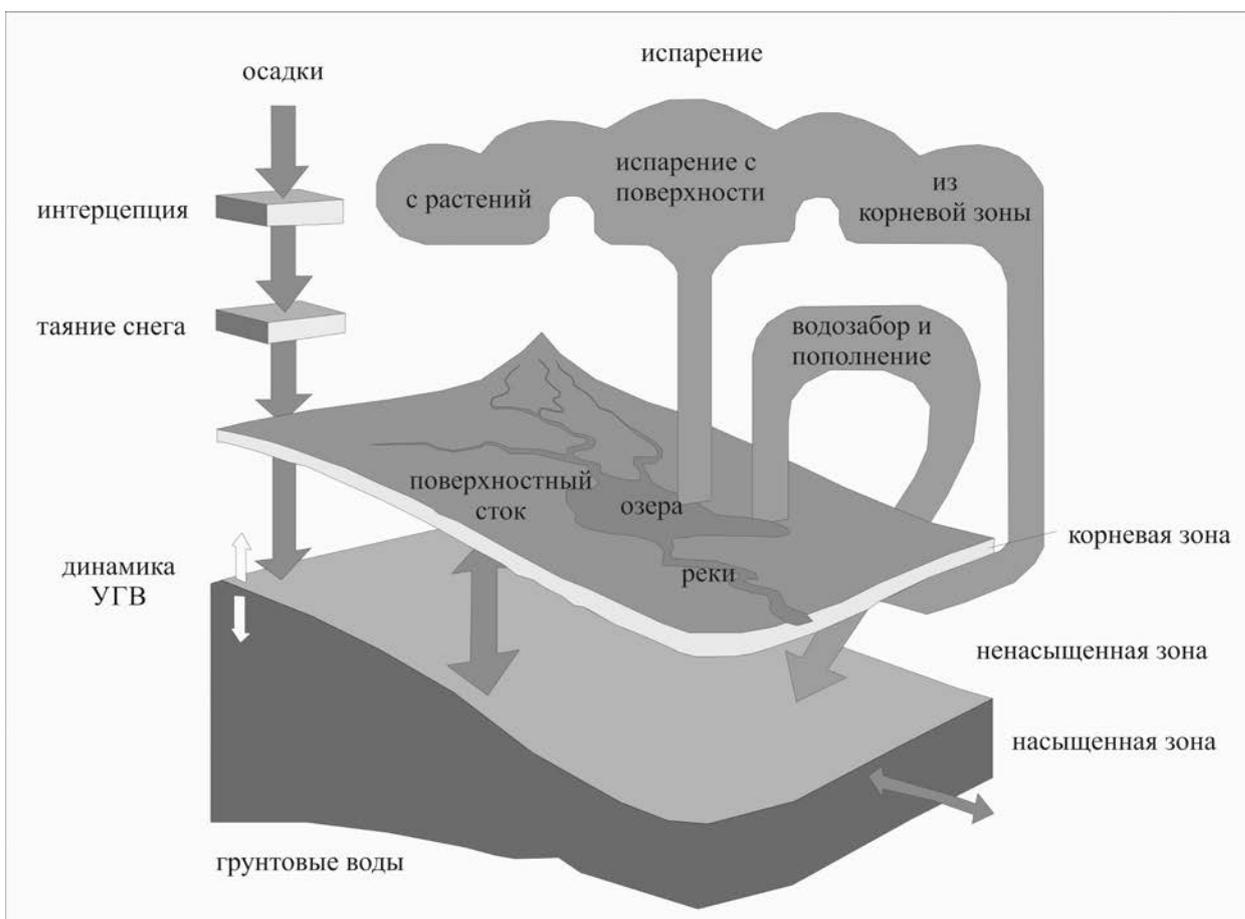


Рисунок 1 - Схема полного гидрологического цикла в MIKE SHE

Фильтрация грунтовых вод в пористой среде описывается трехмерным уравнением Дарси и решается численно с помощью итерационной неявной схемы конечных разностей.

Модуль качества воды позволяет рассчитать перенос растворенного загрязняющего вещества с элементами водного баланса. Расчеты транспортирующих потоков основаны на расходе воды, содержании загрязняющих веществ (ЗВ), гидравлических напорах, а также уровнях воды, рассчитанных ранее в модуле движения воды. Моделирование путей миграции включает поверхностный и дренажный сток, поступление загрязнителя с нисходящими потоками в грунтовые воды, массоперенос в пористой среде с подземными водами и их сток в реку. Перенос поллютантов с водным потоком сопровождается адвективно-диффузионными, адсорбционно-десорбционными, химическими взаимодействиями с твердой и жидкой фазой среды, которые учитываются соответствующими включенными в работу модулями.

В нашей постановке конфигурации программного комплекса учитывается только адвективно-диффузионные процессы, свойственные переносу ионов легкорастворимых и слабо адсорбируемых солей.

Сценарные исследования

Оценка величины диффузного загрязнения, поступающего с сельскохозяйственных земель, селитебных и пастбищных территорий, происходила для двух сценариев. Первый отражал фактическую ситуацию по состоянию на 2019 г., во втором сценарии рассматривается ситуация увеличения антропогенной нагрузки за счет роста площади орошаемых земель и поголовья скота.

Сценарий 1. Орошение сельскохозяйственных угодий в границах водосборного бассейна производится дождевальными машинами типа «Фрегат» на площади 4 800 га. Основной орошаемой культурой является озимая пшеница (оросительная норма - 3150 м³/га, доза внесения минерального питания N₆₀P₆₀K₆₀).

Поголовье крупного рогатого скота во всех хозяйствах Марксовского района составило 22 тыс. голов, площадь пастбищ в пределах водосборной территории составляет 436,3 га. Общее количество поступающих нитратов с пастбищных участков рассчитывалось по зоотехническим и агрохимическим методикам [3,4].

Расчет объема годового поступления общего азота с территорий населенных пунктов происходил по данным численности жителей и средним нормам сброса загрязняющих веществ в системы канализации на одного человека в сутки [5,6].

Сценарий 2 предусматривал увеличение орошаемой площади до размеров 42500 га, что было предусмотрено планом строительства мелиоративных и водохозяйственных объектов в 1983 г. Для орошения используется дождевальная техника «Волжанка», ДКН, «Кубань» и др. Основная орошаемая культура, оросительные нормы и доза внесения удобрений - аналогично Сценарию 1. Площадь размещения летних лагерей содержания скота увеличена и составила около 2 000 га.

Результаты и обсуждения

Сценарные исследования показали, что по Сценарию 1 в условиях существующей антропогенной нагрузки на территории речного бассейна в 2019-2023 гг. концентрация загрязняющего вещества NO₃⁻, попадающего в р. Малый Караман изменяется в различных точках русла реки от 0,45 до 104,2 мг/л. Максимальная, из приведенных, концентрация аниона NO₃⁻ отмечается там, где неочищенные коммунально-бытовые стоки с территорий населенных пунктов г. Маркс, сел Приволжское и Павловка попадают в речную сеть с поверхностным и грунтовым стоком. При проникновении загрязнителя с орошаемых территорий с потоком грунтовых вод в русло реки их расчетная концентрация значительно меньше 2 мг/л. С территории пастбища в речную сеть поступают грунтовые воды с концентрацией около 7 мг/л.

В пойменной зоне наблюдается увеличение расхода потока грунтовых вод в направлении реки, как показано на рисунке 2, что свидетельствует о доминирующей роли места расположения источников загрязнения на объемы поступления загрязнителя в речную сеть.

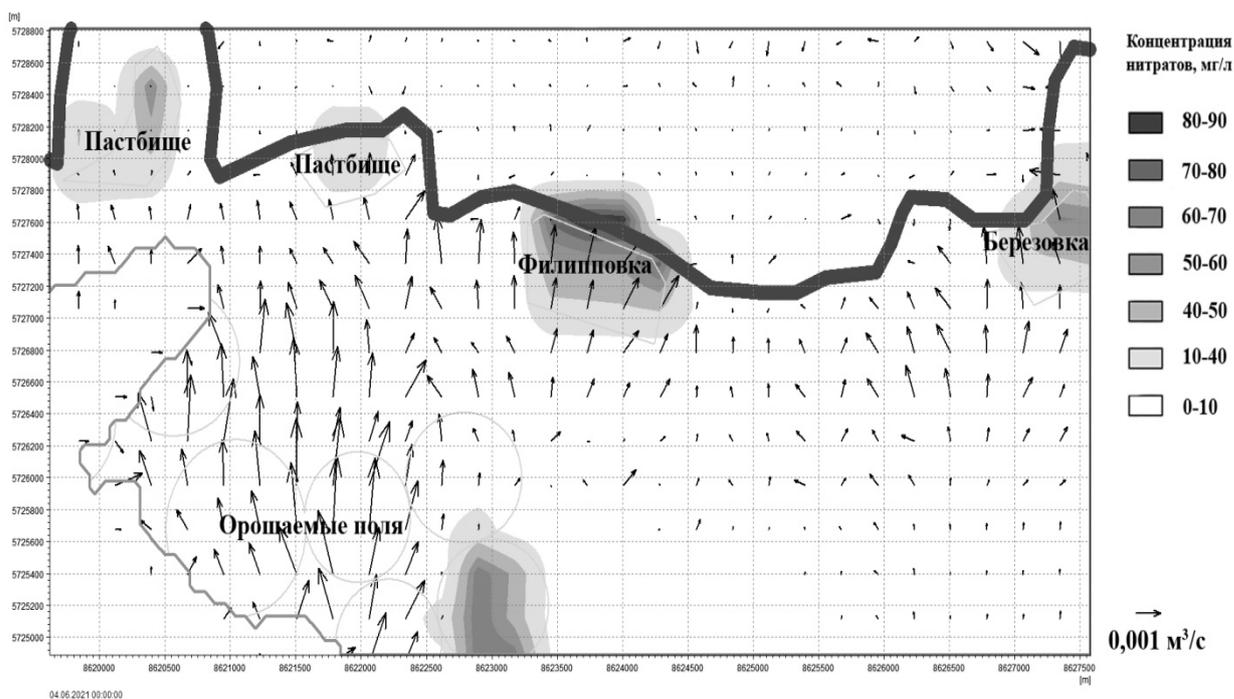


Рисунок 2 – Удельный расход по векторам потоков грунтовых вод, поступление и миграция нитратов в x и y направлении при реализации *Сценария 1*

Анализ ситуации *Сценария 2*, обусловленного увеличением антропогенной нагрузки в регионе – увеличение площадей орошаемых земель и поголовья скота, по результатам численных экспериментов (рисунок 3) показал значительный рост выноса загрязнителей с орошаемых территорий - около 4 мг/л, и с территории пастбища до 14 мг/л.

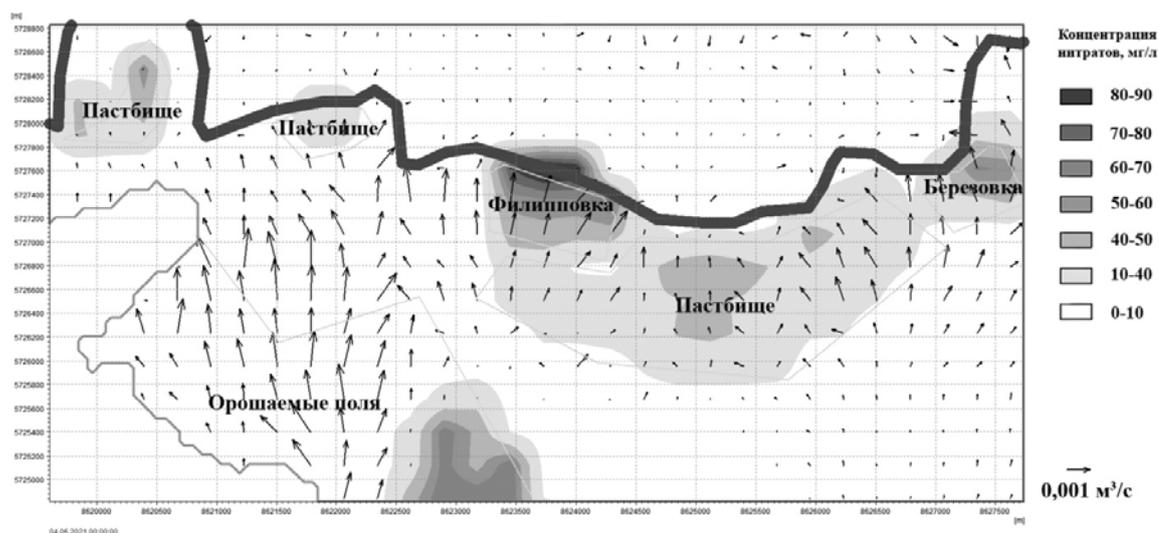


Рисунок 3 - Удельный расход по векторам потоков грунтовых вод, поступление и миграция нитратов в x и y направлении при реализации *Сценария 2*

Заключение

Сценарные исследования, выполненные на модели бассейна р. Малый Караман, по развитию диффузного загрязнения при сельскохозяйственном воздействии в существующих условиях и при увеличении антропогенной нагрузки, поз-

волили визуально и численно оценить диффузное загрязнение водного объекта при орошении. Установлено, что значительные объемы загрязнителей в высоких концентрациях поступают в речные воды из населенных пунктов и с пастбищ, расположенных вблизи русла реки. При внесении средних доз азотных удобрений под посевы орошаемых сельскохозяйственных культур нитраты попадают в грунтовые воды в малых концентрациях, что не оказывает существенного загрязнения. Основное количество минерального азота удобрений выносятся из почвы интенсивно нарастающей биомассой и вывозится с полей с урожаем.

Результаты сценарного моделирования позволяют осуществить поиск наиболее эффективных мероприятий, направленных на улучшение экологической ситуации. Применение программного комплекса MIKE SHE для других речных бассейнов, испытывающих схожие проблемы, целесообразно для поиска обоснованных природоохранных решений.

Список использованных источников

1. Keilholz P., Disse M., Halik Ü. Effects of Land Use and Climate Change on Groundwater and Ecosystems at the Middle Reaches of the Tarim River Using the MIKE SHE Integrated Hydrological Model / *Water* 2015, № 7, p. 3040-3056.
2. Угланов Н.А., Маркина Т.А., Тихомирова Е.И., Бобырев С.В. Оценка экологического состояния маргинальных водных объектов на примере устья и нижних течений рек Малый Караман и Большой Караман саратовской области / *Фундаментальные исследования*. 2013. № 6-5. С. 1168-1173.
3. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. РД-АПК 1.10.15.02-08.
4. Муравин Э.А. Агрохимия / Учебники и учебные пособия для студентов средних учебных заведений: - М. КолосС, 2003. – 384 с.
5. СНиП 2.04.03–85 «Канализация. Наружные сети и сооружения», дата введения 2013-01-01.
6. Методические рекомендации по расчету количества и качества принимаемых сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов, утвержденные приказом Госстроя России от 6 апреля 2001 г. № 75.

Reference

1. Keilholz P., Disse M., Halik Ü. Effects of Land Use and Climate Change on Groundwater and Ecosystems at the Middle Reaches of the Tarim River Using the MIKE SHE Integrated Hydrological Model / *Water* 2015, № 7, p. 3040-3056.
2. Uglanov N.A., Markina T.A., Tikhomirova E.I., Bobyrev S.V. Marginal water objects ecological status assessment using the mouth and lower reaches of the Maliy Karaman and Bolshoy Karaman rivers in the Saratov region example. Basic research. 2013. No. 6-5. S. 1168-1173.
3. Technological design guidelines for the using manure and litter removal and preparation systems. RD-APK 1.10.15.02-08.
4. Muravin E.A. Agrochemistry / Textbooks and teaching aids for students of secondary schools: - M. KolosS, 2003. - 384 p.
5. SNiP 2.04.03–85 “Sewerage. External networks and structures”, the date of introduction 2013-01-01.
6. Methodological recommendations for calculating the quantity and quality of sewage and pollutants taken into the sewage systems of settlements, approved by order of the Gosstroy of Russia dated April 6, 2001. N 75.

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ВОДЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА 2019-2020 ГГ.

Евсенкин К.Н., Ильинский А.В.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Мещерский филиал, г. Рязань, Россия

Аннотация. В работе дана оценка запасов воды снежного покрова на контрольных участках осушенных земель в условиях зимнего периода 2019-2020 гг. Экспериментально установлено, что наибольшие запасы воды – 437 м³/га зафиксированы на территории мелиоративного объекта «Тинки-2», на втором месте по запасам воды в снеге – 315 м³/га находятся земли лесного массива пос. Солотча. В период проведения снегомерной съемки на землях АО «Московское» наблюдается отсутствие устойчивого снежного покрова.

Ключевые слова: весовой снегомер, высота снежного покрова, запасы воды, мелиорация, осушенные земли, плотность снега, снегомерная рейка, снегомерная съемка

ASSESSMENT OF WATER RESERVES OF THE RYAZAN REGION RECLAIMED LANDS In the WINTER period 2019-2020

Evsenkin K.N., Ilinskiy A.V.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Meshchersky branch, Ryazan, Russia

Abstract. The estimation of water reserves in snow cover on the plots of drained land in winter conditions 2019-2020 Experimentally established that the greatest water reserves - 437 m³/ha is recorded in the reclamation of the object «Tinky-2», the second largest reserves of water in snow – 315 m³/ha are the lands of the forest settlement Solotcha. During the period of snow measurement, there is no stable snow cover on the lands of JSC «Moskovskoe».

Keywords: weight snow meter; snow cover height, water reserves, reclamation, drained land, snow density, snow measuring ruler; snow survey

Одним из важнейших компонентов биосферы, во многом определяющим как экологическую устойчивость агробиогеоценоза, так и среду обитания человека, являются водные ресурсы [1,2,3]. С помощью мелиоративных мероприятий осуществляется регулирование естественной влажности почвы [4]. При изучении вопросов увлажнительной мелиорации, направленной на повышение впитывания воды в почву, особое внимание следует уделять изучению объема влаги на поле, поступающей с жидкими и твердыми атмосферными осадками [5]. Снежный покров оказывает большое влияние на формирование водных режимов осушаемых земель в Нечерноземной зоне России, распределение которого на водосборе и типах рельефа зависит от ряда постоянно действующих природных и антропогенных факторов [6]. Информация об атмосферных осадках, на практике, представляется в виде данных об их количестве, выпадающем в виде дождя и снега. Количество атмосферных осадков измеряется высотой слоя воды (в мм), образующегося в

результате их выпадения за отдельный дождь (снегопад) или за какой-либо период времени на условно водонепроницаемую поверхность [7, 8]. Подобные расчеты необходимо проводить применительно к различным угодьям, находящимися на водосборе (лес, пашня, болота, залежи и др.) [9]. На мелиорированных землях АО «Московское», мелиоративном объекте «Тинки-2» и участке лесного массива пос. Солотча в 2020 году проведена снегомерная съемка. Натурные наблюдения для определения запаса воды в снеге выполнены в момент наибольшей высоты снежного покрова, т.е. перед началом весеннего таяния снега. Снегомерная съемка включала в себя определение высоты снежного покрова при помощи переносной снегомерной рейки и плотности снега при помощи весового снегомера (рисунок 1) в контрольных точках вдоль промерной линии. Наблюдения за снежным покровом и снегомерная съемка выполнены в соответствии с «Методическими указаниями по проведению наблюдений за мелиоративным состоянием осушенных земель» [10].

Результаты натурных наблюдений показали, что в период проведения снегомерной съемки на землях АО «Московское» зафиксировано отсутствие устойчивого снежного покрова (рисунок 2).



Рисунок 1 - Определение высоты и плотности снежного покрова при помощи переносной снегомерной рейки и весового снегомера (мелиоративный объект «Тинки-2», Рязанская область, 2020 г.)

Обобщенные результаты натурных наблюдений за состоянием снежного покрова, снегомерной съемки и определения запаса воды в снеге на

контрольных участках мелиорированных земель в условиях зимнего периода 2019-2020 гг. представлены в таблице и на диаграмме.

Результаты исследований мощности и плотности снежного покрова, представленные в таблице, показали, что плотность снега под пологом леса (лесной массив пос. Солотча) на $0,14 \text{ г/см}^3$ ниже, чем на территории мелиоративного объекта «Тинки-2», при этом высота снежного покрова под пологом леса на 1,4 см больше, чем на контрольных участках территории мелиоративного объекта «Тинки-2». Запас воды в снеге зависит как от высоты, так и от плотности снежного покрова, разница в запасах воды под пологом леса и на открытом участке мелиоративного объекта составила 12,2 мм.



Рисунок 2 - Вид снежного покрова на мелиорированных землях АО «Московское» в конце февраля 2020 года

Таблица - Обобщенные результаты снегомерной съемки на контрольных участках обследованных территорий, 2020 год

Участок проведения работ	Средняя мощность снежного покрова (h_{cp}), см	Средняя плотность снежного покрова (d_{cp}), г/см^3	Средний запас воды в снеге (Q_{cp}), мм
Земли АО «Московское»	0	0	0
Мелиоративный объект «Тинки-2»	11,2	0,39	43,7
Лесной массив пос. Солотча	12,6	0,25	31,5

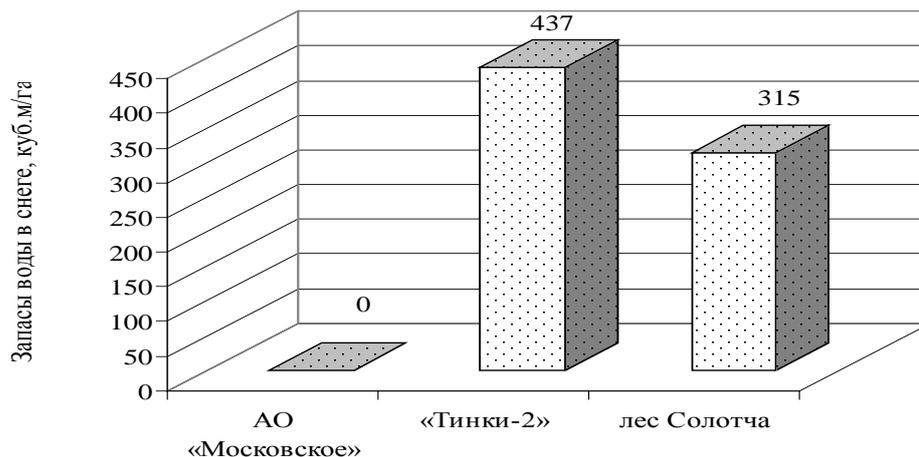


Диаграмма - Сравнительная оценка запасов воды в снеге на контрольных участках мелиорированных земель

Анализ оценки запасов воды в снеге обследованных территорий показал, что в условиях зимнего периода 2019-2020 гг. наибольшие запасы воды – 437 м³/га зафиксированы на территории мелиоративного объекта «Тинки-2», на втором месте по запасам воды в снеге – 315 м³/га находятся земли лесного массива пос. Солотча. Отсутствие устойчивого снежного покрова и, как следствие, нулевые запасы воды в снеге на землях АО «Московское» можно объяснить тем, что поскольку данная территория находится на открытом месте, снеговые осадки сдуваются с нее под действием сильных ветров в зимний период, кроме того нетипичные для данного времени года атмосферные осадки в виде дождя не позволили сформироваться устойчивому снежному покрову на данной территории. Земли мелиоративного объекта «Тинки-2» защищены лесным массивом, который в свою очередь выполняет функцию снегозадержания и способствует уменьшению скорости ветровых потоков, что благоприятно сказалось на мощности снежного покрова и, как следствие, на увеличении запасов воды в снеге.

Список использованных источников

1. Безднина С.Я. Экологические основы водопользования. – М.: ВНИИА, 2005. – 224 с.
2. Виноградов Д.В., Ильинский А.В., Данчеев Д.В. Экология агроэкосистем. – Рязань: ИП Жуков В.Ю., 2020. – 256 с.
3. Евсенкин К.Н., Ильинский А.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Экологические аспекты повышения устойчивости и восстановления плодородия деградированных осушенных земель // АгроЭкоИнфо. – 2018, №2. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/СТАТУИ/2018/2/st_260.doc
4. Шумаков Б.Б. Научные основы ресурсосбережения и охраны природы в мелиорации и водном хозяйстве. – М.: НР, 1998. – 312 с.
5. Маслов Б.С. Мелиорация вод и земель. – М., 2004. – 278 с.

6. Никитин И.С., Плехов Л.Н., Томин Ю.А. Определение испарения со снежного покрова // Мелиорация земель Мещерской низменности. – Рязань: Мещерская ЗОМС, 1974. С. 21-25.
7. Евсенкин К.Н., Ильинский А.В. Результаты изучения запасов воды в снежном покрове на землях Рязанской Мещеры // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал. 2 часть. – 2019. – 11 (68). – С. 33-35.
8. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1964. – 224 с.
9. Никитин И.С., Панов Е.П., Родин К.И. Мелиорация земель Мещерской низменности // М.: Моск. рабочий, Рязан. отделение, 1986. – 208 с.
10. Методические указания по проведению наблюдений за мелиоративным состоянием осушенных земель. – Л.: СевНИИГиМ, 1972. – 155 с.

References

1. Bezdina S. Ya. Ecological bases of water use. - Moscow: VNIIA, 2005. - 224 p.
2. Vinogradov D. V., Pyinsky V. A., Danchev D. V. the Ecology of agroecosystems. - Ryazan: IP Zhukov V. Yu., 2020. - 256 p.
3. Evsenkin K. N., Ilinsky A.V., Vinogradov D. V., Gogmachadze G. D. Ecological aspects of increasing the stability and restoring the fertility of degraded drained lands // Agroecoinfo. - 2018, no. 2. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/2/st_260.doc
4. Shumakov B. B. Scientific bases of resource saving and nature protection in melioration and water management. - Moscow: NR, 1998. - 312 p.
5. Maslov B. S. Melioration of waters and lands. - Moscow, 2004. - 278 p.
6. Nikitin I. S., Plekhov L. N., Tomin Yu. a. Determination of evaporation from snow cover // land Reclamation of Meshcherskaya lowland. Ryazan: Meshcherskaya ZOMS, 1974. Pp. 21-25.
7. Evsenkin K. N., Ilinsky A.V. Results of studying water reserves in the snow cover on the lands of the Ryazan Meschera // Eurasian Union of Scientists (ESU). Monthly scientific journal. Part 2. – 2019. – 11 (68). – Pp. 33-35.
8. Chebotarev A. I. Hydrological dictionary. - L.: Hydrometeorological publishing house, 1964. – 24 p.
9. Nikitin I. S., Panov E. P., Rodin K. I. land Reclamation Meshcherskaya lowland // Moscow: Mosk. workman, Ryazan. Department, 1986. - 208 p.
10. Methodical instructions for conducting observations of the reclamation state of drained lands. - L.: Sevniiigim, 1972. - 155 p.

УДК 631.6

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.28.90.006

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УЧЕТА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ, МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПО РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Енакаева В.Р., Попова Н.М.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

***Аннотация.** В статье проведен анализ показателей учета мелиорируемых земель, мелиоративных систем и гидротехнических сооружений по Ростовской области за период 2005-2018гг., а также мелиоративного состояния орошаемых земель.*

***Ключевые слова:** мелиоративные системы, гидротехнические сооружения, мелиоративное состояние, грунтовые воды, минерализация, засоление, химическая мелиорация*

ACCOUNTING INDICATORS ANALYSIS FOR RECLAIMED LAND, RECLAMATION SYSTEMS AND HYDRAULIC STRUCTURES IN THE ROSTOV REGION

Enakaeva V.R., Popova N.M.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

Abstract. In the article considered *the* accounting indicators analysis for reclaimed land, reclamation systems and hydraulic structures in the Rostov region from 2005 to 2018 yy period and the reclamation condition of irrigated land.

Keywords: *reclamation systems; hydraulic structures; irrigated and drained agricultural lands areas, reclamation state, salinization, chemical reclamation*

В статье, подготовленной по теме: «Провести анализ современного состояния водохозяйственного комплекса бассейна реки Дон и выполнить оценку обеспеченности водными ресурсами населения и объектов экономики бассейна на современном уровне развития водохозяйственного комплекса» проведен анализ изменения показателей использования мелиорируемых земель в бассейне р. Дон по Ростовской области за период 2005-2018 гг. Анализ показателей использования мелиорируемых земель, мелиоративных систем и гидротехнических сооружений проводился по данным официальных информационных ресурсов Департамента мелиорации Министерства сельского хозяйства РФ [1,4] и Министерства природных ресурсов по Государственному водному реестру (ГВР) и Государственному мониторингу водных объектов (ГМВО). [2,3].

Ростовская область была выбрана по нескольким совокупным причинам: во-первых, основная часть орошаемых земель в бассейне р. Дон сосредоточена в Ростовской области - 232,2 тыс. га (62.5%), что значительно больше, чем в других областях бассейна; во-вторых, в Ростовской области осуществляется самый большой объем водозабора из р. Дон на орошение.

В Ростовской области по состоянию на 01.01.2018 г. имеется орошаемых сельхозугодий 232,3 тыс. га, осушаемых – 27,7 тыс. га. По данным ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» орошаемые площади Ростовской области к 1975 г. увеличились до 309 тыс. га, а к 1990 г. достигли 1154 тыс. га, затем последовало стремительное списание мелиорируемых земель, и к 2013 г. орошаемая площадь снизилась до 228,265 тыс. га. Площади осушаемых земель остаются неизменными.

Динамика изменения показателей по Ростовской области приведена в таблице 1. По данным таблицы видно, что показатели к 2013 г. относительно 2005 г. имеют тенденцию к уменьшению. С 2005 г. на 23,4 тыс. га уменьшились общие площади орошаемых сельхозугодий, в том числе на 7,6 тыс. га сельхозугодья с дренажом, на 91,3 тыс. га увеличились не поливаемые площади. На 2,4 тыс. га уменьшились площади с хорошим мелиоративным состоянием, при этом в категории с неудовлетворительным состоянием на 0,8 тыс. га возросли площади с засоленными почвами, и на 12,8 тыс. га уменьшились площади с не-

допустимой глубиной уровня грунтовых вод. Начиная с 2013 г. показатели несколько возрастают или остаются без изменения.

Таблица 1 – Динамика изменений показателей по Ростовской области

№ п/п	Базовые данные	Показатели, тыс. га				Изменения за отчетный период 2005-2018, +/-
		2005 г.	2011 г.	2013 г.	2018 г.	
1	Общая площадь орошаемых сельхозугодий, тыс.га	255,7	228,5	228,26 5	232,3	+23,4
2	Из общей площади орошаемых с/х. угодий с дренажом всего, тыс. га	132,7	125,5	125,4	125,1	-7,6
3	В том числе закрытым горизонтальным дренажом, тыс.га	61,9	58,3	58,3	58	-3,9
4	Из общей площади орошаемых с/х. угодий не поливалось всего, тыс. га	83,4	83,4	60,1	174,7	+91,3
Оценка мелиоративного состояния орошаемых сельхозугодий						
1	Хорошее	163,4	158,0	158,7	161	-2,4
2	Удовлетворительное	32,6	25,5	26,1	24,8	-7,8
3	Неудовлетворительное, всего	59,7	45,0	44,2	45,5	-14,2
	в том числе:					
3.1	недопустимая глубина УГВ	37,7	23,9	23,1	24,9	-12,8
3.2	засоление почв	9,0	11,4	12,5	9,8	+0,8
3.3	недопустимая глубина УГВ и засоление почв	13,0	9,7	8,6	10,8	-2,2

Основными неблагоприятными явлениями, прогрессирующими при орошении, являются: подъем уровня грунтовых вод и связанное с ним вторичное засоление и заболачивание, переувлажнение почв, их подщелачивание и осолонцевание, уплотнение и слитизация, дегумификация и обеднение элементами питания [5].

В таблице 2 показаны детальные изменения мелиоративного состояния орошаемых сельхозугодий. Сравнительная оценка показала, что к 2018 г. на 1,5 тыс. га расширились площади с близким залеганием грунтовых вод (менее 1 2м).

В таблице 3 показаны детальные изменения мелиоративного состояния осушаемых сельхозугодий. За этот период произошло уменьшение площади осушаемых земель с хорошим состоянием на 3,8 тыс. га и увеличение с удовлетворительным состоянием на 4,6 тыс. га. Мелиоративное улучшение проведено на суммарной площади 4,4 тыс. га, в то же время 2,7 тыс. га осушаемых земель нуждаются в реконструкции осушительных систем.

Данные по показателям технического состояния оросительных систем свидетельствуют о снижении на 7,8 тыс. га площадей орошаемых земель, нуждающихся в проведении капитальных работ; на 7,2 тыс. га – в комплексной реконструкции оросительной сети; на 1,4 – в строительстве и реконструкции дре-

нажных систем; в капитальной промывке засоленных почв и химической мелиорации - на 4,1 и 6,2 тыс. га (таблица 4).

Таблица 2 – Распределение орошаемых сельхозугодий Ростовской области по показателям мелиоративного состояния земель по данным Департамента мелиорации Минсельхоза РФ [4]

№ п/п		Показатели, тыс. га				Изменения за отчетный период, +/-
		2005 г	2011 г	2013 г.	2018 г.	
Распределение орошаемых сельхозугодий по глубине залегания УГВ (в метрах)						
1	УГВ<1,0	4,6	5,1	5,6	6,1	+1,5
2	1,0<УГВ<1,5	27,1	16,6	15,1	18	-9,1
3	1,5<УГВ<2,0	30,8	24,1	24	20,2	-10,6
4	2,0<УГВ<3,0	45,5	39,5	41,4	39,9	-5,6
5	3,0<УГВ<5,0	100,9	100,5	98,4	103,1	+2,2
6	УГВ>5,0	46,8	42,7	44,5	44	-2,8
Распределение орошаемых сельхозугодий по минерализации грунтовых вод (г/л)						
1	менее 1,0	5,0	4,5	4,6	4,1	-0,9
2	1,0–2,0	60,0	63,4	51,5	63,8	+3,8
3	более 3,0	190,7	160,6	172,9	163,4	-27,3
Распределение орошаемых сельхозугодий по минерализации оросительной воды (г/л)						
1	менее 1,0	195,7	173,8	174,4	173,9	-21,8
2	1,0–2,0	18,3	14,7	14,7	14,4	-3,9
3	более 3,0	41,7	40,0	39,9	43	+1,3
Распределение орошаемых сельхозугодий по степени засоленности почв в слое 0–100 см						
1	Незасоленные	194,0	169,9	169,1	166,9	-27,1
2	Слабозасоленные	38,5	36,0	35,9	35,8	-2,7
3	Среднезасоленные	6,4	6,2	6,2	6,1	-0,3
4	Сильнозасоленные и очень сильно засоленные (солончаки)	2,7	2,6	2,6	2,6	-0,1
Распределение орошаемых сельхозугодий по степени солонцеватости почв						
1	Не солонцеватые	160,1	138,8	138,1	136,3	-23,8
2	Слабосолонцеватые	67,2	62,2	62	61,6	-5,6
3	Средне и сильно солонцеватые	15,4	12,3	14,8	14,5	-0,9

Сравнительный анализ данных мелиоративного кадастра и данных государственного водного реестра и государственного мониторинга водных объектов Ростовской области в разрезе мелиоративных систем за 2013 и 2018 гг. (рисунок 1, 2) показал, что фактическая площадь орошаемых сельхозугодий за этот период незначительно увеличилась - с 213,251 тыс. га до 214,442 тыс. га (без учета хозяйственных систем), восстановлено 11,5 тыс. га орошаемых земель. Мелиоративная сеть области включает в себя 2154,44 км магистральных и межхозяйственных каналов, 103 насосных станции (409 насосов), дамб протяжен-

ностью 39,70 км, трубопроводов – 319,75 км. Общее количество гидротехнических сооружений на мелиоративной сети - 1384 шт.

Таблица 3 – Изменение мелиоративного состояния осушаемых сельхозугодий Ростовской области по данным Департамента мелиорации Минсельхоза РФ [4]

№ п/п	Базовые данные	Показатели, тыс. га -				Изменения за отчетный период, +/-
		2005 г.	2011 г.	2013 г.	2018 г.	
1	Общая площадь осушенных сельхозугодий, тыс. га	27,7	27,7	27,7	27,7	0
2	Площадь осушенных с/х угодий, находящихся под контролем, тыс. га	27,7	27,7	27,7	27,7	0
3	Оценка мелиоративного состояния:					
	Хорошее	14,6	15,3	10,5	10,8	-3,8
	Удовлетворительное	11,8	12,4	16,5	16,4	+4,6
	неудовлетворительное	1,3	0	0,7	0,5	-0,8
4	Недопустимая глубина УГВ	1,3	0	0,7	0,5	-0,8
5	Площади, на которых требуются:					0
6	Реконструкция осушительных систем	0	2,7	2,7	2,7	+2,7
	в т.ч. мелиоративное улучшение	7,1	2,7	2,7	2,7	-4,4

Таблица 4 – Техническое состояние оросительных систем Ростовской области по данным Департамента мелиорации Минсельхоза РФ [4]

№ п/п	Состояние оросительных систем	Показатели, тыс. га				Изменения за отчетный период, +/-
		2005 г.	2011 г.	2013 г.	2018 г.	
1	Площадь сельхозугодий, на которой требуется проведение капитальных работ	114,3	107,6	107,3	106,5	-7,8
3	Площадь, на которой необходимо провести комплексную реконструкцию оросительной сети	82,3	76,2	75,9	75,1	-7,2
4	Площадь, требующая строительства и переустройства коллекторно-дренажной сети	62,4	61,0	61,3	61	-1,4
	в том числе на землях, не требующих комплексной реконструкции	26,0	25,5	25,5	25,5	-0,5
5	Ремонт коллекторно-дренажной сети	0,0	0,0		0	0
6	Площади, требующие капитальную промывку засоленных почв	12,8	4,2	8,8	8,7	-4,1
7	Площади, требующие химическую мелиорацию	20,7	7,2	14,8	14,5	-6,2

Наименование системы	Фактическая площадь с/х угодий обслужи-ваемая МС (орошение) тыс. га		Фактическая площадь с/х угодий обслужи-ваемая МС (осушение) тыс. га		Годовой объем водозабора тыс. м куб. (факт)	
	2013г.	2018г.	2013г.	2018г.	2013г.	2018г.
Азовская	20,032	20,967			60000	53400
Багаевская	34,446	35,609			144200	117251
Садковская	4,108	4,4			24800	22721
Верхне-Сальская	14,008	14,278			38600	20200
Донская	6,427	5,875			0	0
Мартыновская	1,842	2,172			5700	2200
Маньчесская-1	7,784	7,784			49500	0
Маньчесская-2	3,027	3,027			0	0
Нижне-Донская	36,571	36,558			179400	172000
Нижне-Маньчесская	3,573	3,573			31200	47200
Константиновская	1,515	1,706			450	0
Приморская	15,383	15,383			24500	15800
Пролетарская	24,845	25,044			606200	655399
Право-Егорлыкская	2,055	2,055			16100	9700
Хорошевская					0	0
Цимлянская	1,823	1,823			0	700
Миусская	5,762	5,762			2100	1700
Приазовская	0,587	0,587			0	900
Чирская	0,4				0	0
Большовская	10,953	10,953			185400	202300
Троицкая-1	0,6	0,568			300	30
Троицкая-2	0,3	0,3			100	
Краснополянская	1,2	1,192			0	0
Зубовская	0,4	0,388			0	0
Летниковская	0,116	0,116			0	0
Темерницкая	1,133	1,133			200	0
Донской МК	9,419	9,609		9,609	1795900	1823000
Зерноградская			13,92	13,92	0	0
Николаевская	0,191				150	150
Аксайская			2,8	2,795	0	0
Веселовская	0,2	0,32	0,12	0,32	0	0
Целинская			10,161	10,161	0	0
Зерноградская	1	0,992			600	0
Непгун	0,568	0,568			0	0
Вяжа	0,639				0	0
Поднятая Целина	2,144	1,7			900	260
БКНС Первомайская-1	0,1	0			0	0
БКНС Первомайская-2	0,2				0	0
Итого:	213,351	214,442	27,001	36,805	3166300	3144911

Рисунок 1 – Сравнительная таблица основных показателей мелиоративных систем Ростовской области

Наименование системы	Фактически полито (из площади с/х угодий) тыс. га		Площадь с коллекторно-дренажной сетью, тыс. га		Площадь в неудовлет. мелноративном	
	2013г.	2018г.	2013г.	2018г.	2013г.	2018г.
Азовская	13,8	3,8	19	19	2,2	4,1
Багаевская	26,6	8	22,8	22,8	1,3	1,5
Садковская	3,4	1,415	2,9	2,8	0,4	0,4
Верхне-Сальская	4,9	1,2	11,8	11,8	2,2	2,2
Донская	0	0	4,7	4,7	0,1	0
Мартыновская	3,7	0,3	0,2	0,2		0
Манычская-1	6,9	0	1,8	1,8	1,6	0,8
Манычская-2	0	0	0,4	0,4	0,4	0
Нижне-Донская	24,4	5,4	16,9	16,9	5,4	5,2
Нижне-Манычская	0,8	1,3	3,6	3,6	2,2	0
Константиновская	1,5	0	1,7	1,7	1,7	1,6
Приморская	7,2	1,9	4,5	4,5	0,5	0,1
Пролетарская	23,5	19,7	20,2	20,2	18,4	19,7
Право-Егорлыкская	1,8	0	0,5	0,5	0	0
Хорошевская	0	0				
Цимлянская	0	0,1			0,1	0,1
Миусская	5,8	0,5				0
Приазовская	0	0,4				0
Чирская	0	0				
Большовская	10,8	3,1	4,4	4,4	3,6	3,3
Троицкая-1	0,6	0				0
Троицкая-2	0,2	0		0		0
Краснополянская	0	0	0,9	0,9	0	0
Зубовская	0	0			0	0
Летниковская	0	0		0	0	0
Темерницкая	0,2	0	0,3	0,3	0,3	0
Донской МК	9,4	4,3	4,7	4,7	2,3	2,1
Зерноградская	0	0				
Николаевская	0,2	0,2				
Аксайская	0	0			0,7	0
Веселовская	0	0	0,2	0,2		0
Целинская	0	0				
Зерноградская	0,7	0	0	0		0
Нептун	0	0				
Вяжа	0	0				
Поднятая Целина	2,144	0,6		0	0,1	0,1
БКНС Первомайская-1	0	0				
БКНС Первомайская-2	0	0				
Итого:	148,544	52,215	121,5	121,4	43,5	41,2

Рисунок 2 – Сравнительная таблица основных показателей мелиоративных систем Ростовской области

Большая часть гидротехнических сооружений, находящихся в федеральной собственности в Ростовской области, была построена и введена в эксплуатацию в 1950-1980 гг. За этот период из-за отсутствия необходимых ремонтно-эксплуатационных работ, обновления технического оснащения, работ по рекон-

струкции мелиоративных объектов деградация мелиоративных систем достигла критического уровня, износ большинства сооружений составляет 75% и более.

Заключение

Проведенный анализ показал, что для восстановления и развития орошения земель в Ростовской области необходимым является совершенствование проектирования и строительства оросительных систем нового поколения, реконструкция и модернизация существующих систем, обеспечивающих оптимизацию мелиоративных режимов при снижении коллекторно-дренажного, поверхностного стока и сбросных вод [6,7], а также проведение мелиоративных работ по улучшению мелиоративного состояния земель и ликвидации деградационных процессов.

Список использованных источников

1. Приказ Минсельхоза России от 22.10.2012 N 558 (ред. от 28.09.2016) "Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по предоставлению сведений, полученных в ходе осуществления учета мелиорированных земель" (зарегистрировано в Минюсте России 15.04.2013 N 28130).
2. Данные из Государственного информационного ресурса «Государственный водный реестр» (ГВР) (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2007 г. N 253 и приказом МПР РФ от 30 ноября 2007 г. N 316).
3. Данные из Государственного информационного ресурса «Государственный мониторинг водных объектов» (ГМВО) (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 апреля 2007 г. N 219 и приказом МПР РФ от 06.02.2008 № 30) .
4. Информационный портал Департамента мелиорации Министерства сельского хозяйства РФ <https://inform-raduga.ru/> (дата обращения 11.03.2020 г.) .
5. Информационный портал Министерства сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области, электронный ресурс <http://www.don-agro.ru/index.php?id=1222> (дата обращения 11.03.2020 г.).
6. Схема комплексного использования и охраны водных объектов Бассейна р. Дон (Приказ Донского БВУ от 08 апреля 2014 года № 47).
7. Федеральная целевая программа "Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 - 2020 годы" (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2013 г. N 922) .

References

1. Order of the Ministry of agriculture of Russia from 22.10.2012 N 558 (ed. from 28.09.2016) "About approval of Administrative regulations of the Ministry of agriculture of the Russian Federation on the provision of public services to provide information obtained in the implementation of metering of reclaimed land" (registered in Ministry of justice of Russia 15.04.2013 N 28130).
2. Data from State information resources "the State water register" (GWR) (approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of April 28, 2007 N 253 and by the order of MNR of the Russian Federation of 30 November 2007 N 316).
3. Data from the State information resource "State monitoring of water bodies" (GMVO) (approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of April 10, 2007 N 219 and the order of the MPR of the Russian Federation of 06.02.2008 No. 30) .
4. Information portal of the Department of land reclamation of the Ministry of agriculture of the Russian Federation <https://inform-raduga.ru/> (accessed 11.03.2020).
5. Information portal of the Ministry of agriculture and food of the Rostov region, electronic resource <http://www.don-agro.ru/index.php?id=1222> (accessed 11.03.2020).

6. Scheme of integrated use and protection of water bodies in the Don river Basin (Order of the don BVI dated April 08, 2014 No. 47).
7. Federal target program "development of reclamation of agricultural lands of Russia for 2014-2020" (approved by the decree of the Government of the Russian Federation of October 12, 2013 N 922).

УДК 631.6

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.56.26.007

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ БАССЕЙНА РЕКИ КУБАНЬ В РИСОВОМ СЕВООБОРОТЕ ПО КРАСНОДАРСКОМУ КРАЮ, РЕСПУБЛИКЕ АДЫГЕЯ И КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Енакаева В.Р., Попова Н.М., Гетьман Е.Н.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Аннотация. В данной статье проведен анализ использования мелиорируемых земель в бассейне р. Кубань на рисовых оросительных системах, приведена динамика посевных площадей, урожайности и валового сбора риса, а также водоподачи и нормы водопотребности по Краснодарскому краю на современном уровне в сравнении с 2013 годом.

Ключевые слова: мелиоративные системы, орошение, осушение, мелиоративное состояние, рисоводство, урожайность

USE OF RECLAIMED LANDS OF THE KUBAN RIVER BASIN IN THE RICE CROP ROTATION IN THE KRASNODAR TERRITORY, THE REPUBLIC OF ADYGEA AND THE KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC

Enakaeva V.R., Popova N.M., Getman E.N.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

Abstract. This article analyzes the use of reclaimed land in the Kuban river basin on rice irrigation systems, shows the dynamics of acreage, productivity and gross rice harvest, as well as water supply and water demand rates in the Krasnodar territory at the current level in comparison with 2013 year.

Keywords: land reclamation systems; irrigation, drainage, land reclamation status, rice farming, productivity

Работа выполнялась в соответствии с Государственным контрактом № 210/20-ГК по теме: «Разработка научно-методического обоснования и определение перспективы использования водных ресурсов бассейна р. Кубани, а также научно обоснованных рекомендаций по повышению эффективности использования водных ресурсов бассейна р. Кубани при мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на основе водного баланса территории».

Общая площадь орошаемых земель в Краснодарском крае составляет 386 тыс. га, из которых 313 тыс. га занимают государственные оросительные системы, в том числе 234 тыс. га составляет рисовый ирригированный фонд. Экс-

плуатация государственных мелиоративных систем, отдельно расположенных гидротехнических сооружений и другого государственного имущества, переданного учреждению в оперативное управление, осуществляется четырнадцатью филиалами ФГБУ «Управление Кубаньмелиоводхоз».

Всего площадь мелиорированных земель составляет 410,949 тыс. га, в том числе:

- орошаемых – 386,449 тыс. га;
- осушенных – 24,5 тыс. га.

Площадь государственных систем – 313,277 тыс. га, в том числе:

- рисовых - 234,4 (ирригированный фонд) тыс. га;
- не рисовых - 78,6 тыс. га.

Локальные орошаемые участки занимают 73,4 тыс. га. [3]

В таблице 1 приведены показатели по учету мелиоративного состояния орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных угодий за 2013 и 2018 годы [1,2]. При неизменной площади орошаемых земель дренированы при помощи горизонтального дренажа 244,75 тыс. га. При этом закрытый дренаж действовал в 2013 г. на площади 19,8 тыс. га, а в 2018 г. только на площади 7,12 тыс. га.

Из общей площади орошаемых сельхозугодий не использовалось в 2013 г. 25,15 тыс. га, в 2018 г. – 28,9 тыс. га. С 2013 по 2018 г. увеличилась площадь не поливаемых угодий на 74,96 тыс. га со 158, 93 до 233,89 тыс. га. При этом выбытие земель из оборота по причине недостаточной водообеспеченности возросло с 1,5 тыс. га в 2013 г. до 4,68 тыс. га в 2018 г.

Показатели по осушенным землям практически не изменились: площадь осушения составляет 25,4 тыс. га, из которых в 2013 г. не использовалось 0,55 тыс. га; в 2018 г. - 0,63 тыс. га.

Рисоводство является высоко затратной отраслью растениеводства (затраты на 1 га посевов в 2016 г. составили 75,2 тыс. руб./га, что в 2,5 раза превышает затраты на производство пшеницы). Увеличение затрат на производство риса связано с содержанием внутривладельческой сети, проведением агро-мелиоративных работ на рисовой оросительной системе, оплатой услуг по подаче воды на посевы культуры [3]. В основном это связано с износом оросительной сети и насосных станций и, как следствие, большими затратами электроэнергии.

Так, на межхозяйственной сети государственных рисовых оросительных систем ежегодно проводится комплекс мероприятий по подготовке к поливному сезону. На объектах федеральной собственности ежегодно выполняется земляных работ по очистке и ремонту каналов в объеме порядка 300 тыс. м³, производится ремонт около 350 единиц гидротехнических сооружений и порядка 350 насосных агрегатов.

Итоговые данные по производству риса в Краснодарском крае за последние 10 лет служили информационной основой для анализа интегральных показателей состояния мелиоративного фонда и использования мелиорируемых земель. Оценка эффективности использования мелиорируемых земель рисовых оросительных систем (рисунок 1) выполнена по динамике агропромышленных и водохозяйственных показателей за период с 2009 по 2018 гг.

Таблица 1 - Показатели по учету мелиоративного состояния
орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных угодий
ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз»

№	Показатели	Ед. изм.	2013г.	2018г.
1	Базовые данные по орошаемым с/х угодьям			
1.1	Общая площадь орошаемых сельхозугодий	тыс. га	386,749	386,449
1.2	Площадь орошаемых с/х угодий, находящихся под контролем	тыс. га	386,449	386,449
1.3	Площадь орошаемых с/х угодий, покрытая солевой съемкой	тыс. га	352,2	352,2
1.4	Из общей площади орошаемых с/х угодий с дренажем	тыс. га	244,753	244,753
1.5	Из общей площади орошаемых с/х угодий с дренажем закрытым горизонтальным	тыс. га	19,831	7,122
1.6	Из общей площади орошаемых с/х угодий не использовалось	тыс. га	25,153	28,91
1.7	Из общей площади орошаемых с/х угодий не использовалось по причине засоления и заболачивания почв	тыс. га		0,408
1.8	Из общей площади орошаемых с/х угодий не поливалось (всего)	тыс. га	158,934	233,894
1.9	Из общей площади орошаемых с/х угодий не поливалось по причине недостатка воды в источнике	тыс. га	1,505	4,681
1.10	Из общей площади орошаемых с/х угодий не поливалось по причине неисправности оросительной сети	тыс. га	54,459	55,469
2	Базовые данные по осушаемым с/х угодьям			
2.1	Общая площадь осушенных сельхозугодий	тыс. га	25,4	24,5
1.2	Площадь осушенных с/х угодий, находящихся под контролем	тыс. га	25,4	24,5
2.3	Из общей площади осушенных с/х угодий не использовалось (всего)	тыс. га	0,546	0,63
2.4	в том числе по причине неисправности осушительной сети	тыс. га		0

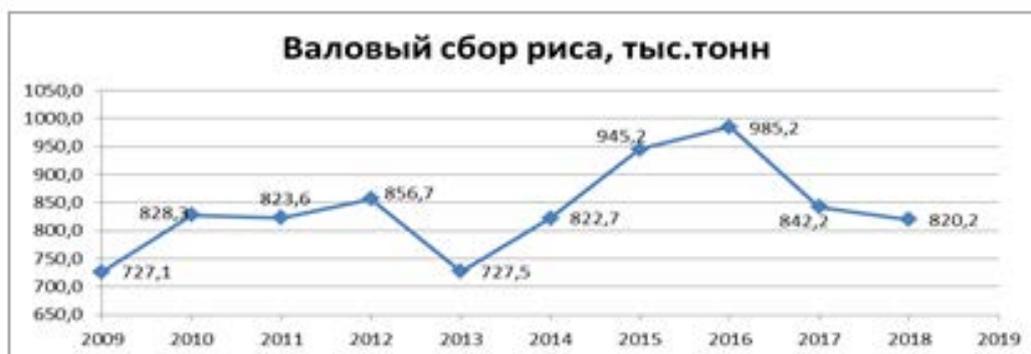
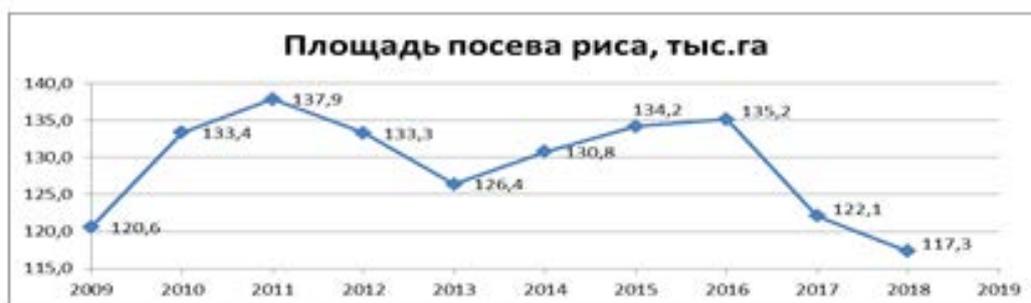


Рисунок 1 – Динамика показателей производства риса в Краснодарском крае

Анализ динамики посевных площадей, валовых сборов и урожайности риса по Краснодарскому краю за период с 2009 г. по 2019 г. показывает устойчивый рост валовых сборов и урожайности риса, несмотря на незначительно меняющиеся посевные площади. На основании этого анализа рисовые хозяйства Краснодарского края можно распределить по объемам использования водных ресурсов. За этот же период стабильно растет экономическая эффективность производства риса в Краснодарском крае.

Так же анализ данных свидетельствуют о низкой эффективности использования водных ресурсов в рисовых оросительных системах края. Основными причинами этого являются значительные потери водных ресурсов в оросительной сети, требующей реконструкции или капитального ремонта; большой износ гидротехнических сооружений мелиоративных систем и несовершенство системы управления. В настоящее время, для повышения эффективности использования водных ресурсов в рисовых оросительных системах Краснодарского края требуется проведение ряда ремонтных и реконструкционных работ.

Бассейн Кубани довольно сложный в гидрологическом отношении район. Нередко здесь трудно реализовать оперативное управление водохозяйственной системой на основе заранее подготовленных диспетчерских правил, позволяющих учитывать быстро меняющуюся обстановку. Поэтому целесообразна разработка и широкое внедрение компьютерных гидродинамических моделей, позволяющих быстро оценить фактическую обстановку и подобрать оптимальные параметры управления как при больших паводках, так и в условиях маловодья.

В Республике Адыгея числится 24 952 га орошаемых земель, в т.ч. 12824 га рисовых систем. Для подачи и отвода воды для орошаемых систем используются четыре мелиоративные системы:

- Афипская оросительная система – 2116 га орошаемых земель;
- Чибийская оросительная система – 4063 га орошаемых земель;
- Адыгейская оросительная система – 11023 га орошаемых земель;
- Ходзь-Неволька-Чехрак оросительная система – 7750 га орошаемых земель.

Показатели по оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных угодий ФГБУ «Управление «Адыгеемелиоводхоз» за 2013 и 2018 годы приведены в таблице 2 [1-2]. Основные сведения приведены за 2013 г., когда из общей площади орошаемых земель 24,9 тыс. га с дренажем - 15,23 тыс. га, не использовалось 2,24 тыс. га; не поливалось – 19,54 тыс. га, в том числе из-за недостатка водных ресурсов – 1,36 тыс. га, а из-за неисправности оросительной сети -11,72 тыс. га. В 2018 г. площадь дренированных угодий сократилась до 13,23 тыс. га, не использовалось по причине засоления и заболачивания 0,39 тыс. га. Общая площадь осушенных земель в Республике 2,37 тыс. га, иные сведения не приведены.

Общая площадь мелиорируемых земель на территории Карачаево-Черкесской республики составляет 19,8 тыс. га, в т.ч. мелиоративные системы государственности 14,8 тыс. га, общей протяженностью 343, м. Показатели по

оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных угодий ФГБУ «Управление «Карачаевочеркескмелиоводхоз» за 2013 и 2018 годы приведены в таблице 3 [1-2].

Таблица 2 - Показатели по оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных угодий ФГБУ «Управление «Адыгеямелиоводхоз»

№	Показатели	Ед. изм.	2013 г.	2018 г.
1	Базовые данные по орошаемым с/х угодьям			
1.1	Общая площадь орошаемых сельхозугодий	тыс. га	24,952	24,952
1.2	Площадь орошаемых с/х угодий, находящихся под контролем	тыс. га	24,952	24,952
1.3	Площадь орошаемых с/х угодий, покрытая солевой съемкой	тыс. га		
1.4	Из общей площади орошаемых с/х угодий с дренажем	тыс. га	15,227	13,227
1.5	Из общей площади орошаемых с/х угодий с дренажем закрытым горизонтальным	тыс. га		
1.6	Из общей площади орошаемых с/х угодий не использовалось	тыс. га	2,24	
1.7	Из общей площади орошаемых с/х угодий не использовалось по причине засоления и заболачивания почв	тыс. га	0,385	
1.8	Из общей площади орошаемых с/х угодий не поливалось (всего)	тыс. га	19,545	
1.9	Из общей площади орошаемых с/х угодий не поливалось по причине недостатка воды в источнике	тыс. га	1,362	
1.10	Из общей площади орошаемых с/х угодий не поливалось по причине неисправности оросительной сети	тыс. га	11,725	
2	Базовые данные по осушаемым с/х угодьям			
2.1	Общая площадь осушенных сельхозугодий	тыс. га	2,368	2,368
2.2	Площадь осушенных с/х угодий, находящихся под контролем	тыс. га	2,368	2,368

Из общей площади орошаемых земель в Республике 19,4 тыс. га, было обеспечено закрытым горизонтальным дренажем в 2013 г. 7,88 тыс. га. В 2018 г. дренаж действовал на площади 8,4 тыс. га, в том числе закрытый дренаж – на 7,6 тыс. га. В 2013 г. из-за неисправности оросительной сети не поливалась значительная площадь – 8,4 тыс. га. В 2018 г. эта площадь несколько сократилась: не использовалось из-за неисправности оросительной сети 6,69 тыс. га.

Таблица 3 - Показатели оценки и учета мелиоративного состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий
ФГБУ «Управление «Карачаевочеркесскмелиоводхоз»

№	Показатели	Ед. изм.	2013 г.	2018 г.
1	Базовые данные по орошаемым с/х угодьям			
1.1	Общая площадь орошаемых сельхозугодий	тыс. га	19,841	19,8
1.2	Площадь орошаемых с/х угодий, находящихся под контролем	тыс. га	19,841	14,8
1.3	Площадь орошаемых с/х угодий, покрытая солевой съемкой	тыс. га	6,784	0
1.4	Из общей площади орошаемых с/х угодий с дренажем	тыс. га	7,883	8,4
1.5	Из общей площади орошаемых с/х угодий с дренажем закрытым горизонтальным	тыс. га	7,883	7,6
1.6	Из общей площади орошаемых с/х угодий не использовалось	тыс. га		6,69
1.7	Из общей площади орошаемых с/х угодий не использовалось по причине засоления и заболачивания почв	тыс. га		0
1.8	Из общей площади орошаемых с/х угодий не поливалось (всего)	тыс. га	8,1	6,69
1.9	Из общей площади орошаемых с/х угодий не поливалось по причине недостатка воды в источнике	тыс. га		0
1.10	Из общей площади орошаемых с/х угодий не поливалось по причине неисправности оросительной сети	тыс. га	8,1	6,69

Заключение

Анализ использования мелиорируемых земель выполнен по результатам исследования мелиоративного состояния земель с оценкой площади орошаемых земель, обустроенных открытым и закрытым горизонтальным дренажем, площадей неиспользуемых или не поливаемых земель с учетом причин (недостаточная водообеспеченность, засоление, заболачивание и пр.), обуславливающих выбытие земель из структуры «орошаемых».

Таким образом, на основе выполненного анализа использования мелиорированных земель по Краснодарскому краю, Республике Адыгея и Карачаево-Черкесской Республике в рисовом севообороте показано, что при незначительно меняющихся удельных посевных площадях наблюдается устойчивый рост валовых сборов и урожайности риса, а так же для сохранения и поддержания эффективности водохозяйственного комплекса Кубани в ближайшее время требуется капитальный ремонт и реконструкция большинству мелиоративных систем. Одной из основных задач по повышению эффективности использования водных ресурсов является усовершенствование системы управления.

Целесообразное использование водных ресурсов должно основываться на внедрении передовых технологических процессов с мерами, направленными на сокращение водопотребления, повышение эффективности использования водных ресурсов в орошаемом земледелии с помощью реконструкции и ремонта мелиоративных систем и внедрения актуальных способов орошения, обеспечивающих практичное расходование воды.

Список использованных источников

1. Приказ Минсельхоза России от 22.10.2012 N 558 (ред. от 28.09.2016) «Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по предоставлению сведений, полученных в ходе осуществления учета мелиорированных земель» (зарегистрировано в Минюсте России 15.04.2013 N 28130)
2. Информационный портал Департамента мелиорации Минсельхоза РФ inform-raduga.ru
3. Интернет ресурс: <http://www.kbvufgu.ru/publish1>, дата обращения 15.11.2019 г.

References

1. Order of the Ministry of agriculture of Russia from 22.10.2012 N 558 (ed. from 28.09.2016) "About approval of Administrative regulations of the Ministry of agriculture of the Russian Federation on the provision of public services to provide information obtained in the implementation of metering of reclaimed land" (registered in Ministry of justice of Russia 15.04.2013 N 28130)
2. Information portal of the Department of melioration of the Ministry of agriculture of the Russian Federation inform-raduga.ru
3. Internet resource: <http://www.kbvufgu.ru/publish1>, accessed 15.11.2019.

ПРИРОДНЫЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ

¹Ескермесов Ж.Е., ¹Козыкеева А.Т., ²Мустафаев Ж.С.

¹Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан;

²Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

Аннотация. На основе информационно-аналитических материалов метеорологических станций РГП «Казгидромет», расположенных в низовьях реки Сырдарьи, определены тепло- и влагообеспеченность почвенного покрова в разрезе орошаемых массивов с использованием комплексного гидротермического показателя, которые колеблются от 1,16 до 4,84 и характеризуют очень низкую влагообеспеченность и достаточно высокую теплообеспеченность почвенного и растительного покровов, нуждающихся в целенаправленном регулировании почвообразовательного процесса с использованием принципов мелиорации сельскохозяйственных земель.

Ключевые слова: ландшафт, гидротермический показатель, тепло, влага, обеспеченность, почва, растительность, орошение, массив

NATURAL LANDSCAPE-GEOGRAPHIC PATTERNS AND PROCESSES OF SOIL FORMATION IN THE LOWER SYRDARYA

¹Eskermesov J.E., ¹Kozykееva A.T., ²Mustafayev Zh.S.

¹Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan;

²Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

Abstract. Based on the information and analytical materials of meteorological stations of the RSE «Kazhydromet» located in the lower Syrdarya River, the heat and moisture supply of the soil cover in the context of irrigated massifs were determined using a complex hydrothermal indicator, which showed that they range from 1.16 to 4.84, and they characterize a very low moisture supply and a rather high heat supply of soil and vegetation cover, which need targeted regulation of the soil formation process CCA using the principles of land reclamation.

Key words: landscape, hydrothermal indicator, heat, moisture, security, soil, vegetation, irrigation, massif

Введение

Широкомасштабное освоение высокопродуктивных ландшафтов и малопродуктивных засоленных земель в низовьях реки Сырдарьи для развития сельскохозяйственного производства во второй половине XX века привело к существенному изменению структуры естественных ландшафтов и формированию гидроагроландшафтных систем. При интенсификации сельскохозяйственного производства появились противоречия между техногенными мероприятиями, направленными на повышение покупательной стоимости естественных ландшафтов, и антропогенными действиями, направленными на поддержание стабильности и устойчивости гидроагроландшафтов и качества среды обитания человека.

На современном этапе использования земельных и водных ресурсов для развития сельскохозяйственного производства необходимо создание адаптивно-ландшафтного земледелия, приближенного к формированию естественных ландшафтных систем, обеспечивающих целенаправленное регулирование почвообразовательного процесса в условиях антропогенной деятельности человека. При этом следует отметить, что повышение покупательной стоимости естественных ландшафтов и засоленных земель, используемых для развития сельскохозяйственных угодий, должно обеспечить улучшение экологического состояния окружающей среды и воспроизводство плодородия почв, являющихся производительной силой сельского хозяйства.

Следовательно, для формирования высокопродуктивных гидроагrolандшафтных систем, которые полностью заменяют естественные малопродуктивные ландшафты и функционируют в условиях высокой теплообеспеченности и низкой влагообеспеченности, требуется изучение эколого-климатического и почвенно-мелиоративного состояния естественных ландшафтных систем в низовьях реки Сырдарья.

Современные гидроагrolандшафтные системы в низовьях реки Сырдарья сформировались под влиянием и воздействием жесткой антропогенной деятельности, базирующейся на значительной техногенной нагрузке, при которой не сохранились основные свойства естественного ландшафта. В результате сильно изменились современные средообразующие системы в низовьях реки Сырдарья, естественные почвенные и растительные покровы, гидрологический режим формирования стока и климатические условия, а также системы орошаемого и богарного земледелия, организация территории, включающая сельскохозяйственные угодья, севообороты, агротехнологии, гидротехнические сооружения и мелиоративные системы, которые способствовали формированию природно-техногенного комплекса с высокими техногенными нагрузками.

Для создания адаптивно-ландшафтной системы, приближенной к условиям формирования естественных ландшафтов, в перспективе требуется создать высокопродуктивные гидроагrolандшафтные системы, базирующиеся на целенаправленном регулировании естественных процессов и обеспечивающие повышение затрат энергии на почвообразовательный процесс.

Цель исследования - на основе информационно-аналитических материалов метеорологических станций РГП «Казгидромет», расположенных в низовьях реки Сырдарья, оценить тепло- и влагообеспеченность территории с использованием комплексного гидротермического показателя, предложенного М.И. Будыко, что позволит прогнозировать почвообразовательный процесс при развитии мелиорации.

Объект исследования. Сырдарья - вторая по водности и первая по длине река Центральной Азии. От истоков Нарына ее длина составляет 3019 км, а площадь бассейна 219 тыс. км². Основной сток Сырдарьи формируется на территории Кыргызской Республики. Затем Сырдарья пересекает Узбекистан и Таджикистан и впадает в Аральское море на территории Казахстана. Общая длина русла в водосборе реки Сырдарьи составляет 22212 км, площадь бассейна - 219 000 км² [4-9].

Материалы и методы исследования. Характеристика почвенного покрова ландшафтов в низовьях реки Сырдарьи дана на основании материалов почвенно-мелиоративных исследований, выполненных В.М. Боровским, М.А. Погребинским [2], В.Н. Антроповым, К.Д. Каражановым [3]. Характеристика представлена по единому плану: зональное расположение района орошения, ряд и тип почвообразования, преобладающие почвы и их физико-химическая характеристика, площадное распространение почв (таблица 1).

Таблица 1 - Характеристика почвенных ландшафтов в низовьях реки Сырдарьи

Тип почвы	Агроландшафты в низовьях реки Сырдарьи				
	Каза-лин-ский	Куан-Жана-дарьин-ский	Кызыл-ордин-ский	Шиели-Жана-корган-ский	Тогус-кен-ский
Номер ландшафта	24	18	23	19	34
Площадь массива, га	59450	67100	128900	45600	18500
Серобурые почвы, га	6000				
Серобурые засоленные почвы, га	12800		100		
Такыровидные засоленные почвы, га	300	8400	14600	7900	4600
Луговые засоленные почвы, га	3400		11800	3400	5000
Лугово-болотные почвы, га	4950		20200	4400	
Лугово-болотные засоленные почвы, га	14000		37400	16200	
Солончаки типичные, га		6000	8300		
Такыровидные засоленные почвы с солончаками, га		41000	21600		8800
Пески закрепленные, га		2600	2300	3600	100
Луговые, га			3200		
Болотные, га			9400		
Сероземы светлые, га				2400	
Сероземы светлые солонцеватые, га				2000	
Лугово-сероземные, га				1900	

Общая площадь земель, пригодных для орошения, включая требующие при освоении сложных мелиоративных мероприятий, составляет 259160 га. Казалинский массив орошения расположен в пустынной зоне с зональными серобурыми почвами. В геоморфологическом отношении массив представляет собой дельтово-аллювиальную равнину, расположенную в Сырдарьинской впа-

дине. Почвенный покров представлен зональными серобурыми пустынными почвами на палеогеновых останцах, автоморфными (такыровидные и такыры), гидроморфными (луговые и болотные) и галоморфными (различные солончаки) почвами на дельтово-аллювиальной равнине.

Куан-Жанадарьинский массив орошения в геоморфологическом отношении занимает аллювиально-дельтовую равнину древних русел Жанадарьи и Куандарьи. Почвенный покров массива составляют пустынные такыровидные засоленные, пустынные такыровидные с навеванным песчаным чехлом почвы, залегающие, как правило, в комплексе с солончаками типичными.

Кызылординский массив орошения расположен на лево- и правобережной сторонах древней дельты Сырдарьи. Структура почвенного покрова массива сложная. Вдоль русла Сырдарьи широко распространены как почвы лугового и болотного рядов, засоленные в различной степени, так и почвы автоморфного типа.

Шиели-Жанакорганский массив орошения расположен на правобережье головной части дельты Сырдарьи. Почвенный покров массива составляют: пустынные такыровидные почвы, встречающиеся в комплексах с такырами и солончаками типичными; сероземы светлые и типичные северные, представленные большей частью малоразвитыми видами. А полугидроморфные и гидроморфные почвы представлены луговыми пустынными, лугово-болотными и лугово-сероземными почвами, луговыми солончаками.

Тогускенский массив орошения расположен в левобережье головной части дельты реки Сырдарьи. Почвенный покров массива представлен пустынными такыровидными засоленными почвами, залегающими, как правило, в комплексе с солончаками типичными, солонцами лугово-пустынными и такырами.

Ландшафтные системы Кызылординской области формировались в результате взаимодействующих природных комплексов, обладающих определенной структурой и функциональными свойствами.

Фундаментальное значение в отношении почвообразовательного процесса имеет закон сохранения энергии, так как он рассматривает процесс влагообмена между деятельной поверхностью суши и воздухом без связи с процессом теплообмена. Как любой физический процесс изменений и превращений, процесс теплообмена в конкретной географической точке за известный промежуток времени характеризуется балансом прихода и расхода энергии, то есть законом сохранения энергии [4,5]. Для оценки степени энергетической сбалансированности тепла и влаги в природной системе широко используется комплексный гидротермический показатель, предложенный М.И. Будыко [6], «индекс сухости» (\bar{R}), представляющий собой отношение радиационного баланса (R) к затратам тепла на испарение выпадающих осадков (O_c): $\bar{R} = R / LO_c$.

Преимущества этого показателя перед другими очевидно: во-первых, он характеризует условия тепло- и влагообеспеченности, то есть биологические процессы; во-вторых, определяет в значительной степени условия формирования почвенных, гидрогеологических и геохимических условий и, в-третьих, позволяет учесть характер и интенсивность антропогенной деятельности [7].

Результаты исследования. Оценка биоэнергетического потенциала территории позволяет определить ее ресурсное состояние, выявить сходные категории земель, сгруппировать их, проводить ресурсно-экологическое районирование, определять структуру угодий ландшафта, которая включает различные средообразующие компоненты, в том числе и разные типы растительности, то есть, от их соотношения зависит производительность ландшафта (таблица 2) [7].

Таблица 2 - Естественная влаго- и тепло обеспеченность почв Кызылординской области

Тип почвы	Площадь, га	Показатели тепло- и влагообеспеченности				
		O_c , мм	g , мм	$O_c + g$	R	\bar{R}
Тогускенский массив орошения – 18500 га						
Такыровидные засоленные почвы	4600	204	-	204	199,1	3,90
Луговые засоленные почвы	5000	204	425	629	199,1	1,26
Пески закрепленные	100	204	-	204	199,1	3,90
Такыровидные засоленные почвы с солончаками	8800	204	-	204	199,1	3,90
Шиели-Жанакорганский массив орошения – 45600 га						
Такыровидные засоленные почвы	7900	174	-	174	186,9	4,29
Луговые засоленные почвы	3400	174	291	465	186,9	1,60
Лугово-болотные почвы	4400	174	338	512	186,9	1,46
Лугово-болотные засоленные почвы	16200	174	338	512	186,9	1,46
Пески закрепленные	3600	174	-	174	186,9	4,29
Сероземы светлые	2400	174	-	174	186,9	4,29
Лугово-сероземные	1900	174	134	308	186,9	2,42
Сероземы светлые солонцеватые	2000	174	-	174	186,9	4,29
Кызылординский массив орошения – 128900 га						
Серобурые засоленные почвы	100	151	-	151	183,0	4,84
Такыровидные засоленные почвы	14600	151	-	151	183,0	4,84
Луговые засоленные почвы	11800	151	338	489	183,0	1,49
Лугово-болотные почвы	20200	151	466	617	183,0	1,18

Тип почвы	Пло- щадь, га	Показатели тепло- и влагообеспеченности				
		O_c , мм	g , мм	$O_c + g$	R	\bar{R}
Лугово-болотные засоленные почвы	37400	151	466	617	183,0	1,18
Такыровидные засоленные почвы с солончаками	21600	151	-	151	183,0	4,84
Солончаки типичные	8300	151	-	151	183,0	4,84
Пески закрепленные	2300	151	-	151	183,0	4,84
Луговые	3200	151	338	489	183,0	1,49
Болотные	9400	151	582	733	183,0	1,00
Куан-Жанадарьинский массив орошения – 67100 га						
Такыровидные засоленные почвы	8400	164	-	164	184,4	4,49
Солончаки типичные	6000	164	-	164	184,4	4,49
Такыровидные засоленные почвы с солончаками	41000	164	-	164	184,4	4,49
Пески закрепленные	2600	164	-	164	184,4	4,49
Казалинский массив орошения – 59450 га						
Серобурые почвы	6000	178	-	178	179,0	4,02
Серобурые засоленные почвы	12800	178	-	178	179,0	4,02
Такыровидные засоленные почвы	300	178	-	178	179,0	4,02
Луговые засоленные почвы	3400	178	354	532	179,0	1,34
Лугово-болотные почвы	4950	178	438	616	179,0	1,16
Лугово-болотные засоленные почвы	14000	178	438	616	179,0	1,16

Как видно из таблицы 2, теплообеспеченность почвенного покрова ландшафтных систем Кызылординской области в естественных условиях достаточно высокая, а их влагообеспеченность, кроме атмосферных осадков, определяется режимом грунтовых вод, который участвует в почвообразовательном процессе. Количественное значение комплексного гидротермического показателя колеблется от 1,16 до 4,84, что характеризует очень низкую влагообеспеченность и достаточно высокую теплообеспеченность почвенного и растительного покровов, нуждающихся в целенаправленном регулировании почвообразовательного процесса с использованием принципов мелиорации сельскохозяйственных земель.

Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Бассейн Аральского моря: прошлое, настоящее и будущее.- Тараз, 2012.-318 с.
2. Боровский В.М., Погребинский М.А. и др. Древняя дельта Сырдарьи и Северные Кызыл-Кумы.-Алма-Ата:1958.- т.1-514 с.;Алма-Ата:1959. -т.2.-418 с.
3. Антропов В.Н., Каражанов К.Д. Бонитировка и экономическая оценка земель. -Алма-Ата: Наука, 1987. -126 с.
4. Сенчуков Г.А., Гниненко В.И., Турулев В.В. Экологически приемлемые нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий на Северном Кавказе // Мелиорация и водное хозяйство, 1995.- №6. -С.31-32.
5. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. - Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 255 с.
6. Кирейчева Л.В., Хохлова О.Б. Оценка энергетического ресурса деградированных почв сельскохозяйственных угодий //Агрохимический вестник. 2019 №3. С. 21-27.
7. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Ескермесов Ж.Е. Оценка техносферного состояния агроландшафтов в низовьях реки Сырдарьи // Природообустройство, 2015.-№4.- С.25-30.

Reference

1. Mustafayev Zh.S., Kozykееva A.T. The Aral Sea Basin: past, present and future. - Taraz, 2012.- 318 p.
2. Borovsky V.M., Pogrebinsky M.A. and others. The ancient delta of the Syr Darya and Northern Kyzyl-Kum.-Alma-Ata: 1958.- Т. 1-514 p.; Alma-Ata: 1959. -t.2.-418 p.
3. Antropov V.N., Karazhanov K.D. Valuation and economic valuation of land. Alma-Ata: Science, 1987. -126 p.
4. Senchukov G.A., Gninenko V.I., Turulev V.V. Environmentally acceptable norms of water demand for agricultural land in the North Caucasus // Land Reclamation and Water Management, 1995.- No. 6. -S.31-32.
5. Budyko M.I. Thermal balance of the earth's surface. - L. : Gidrometeoizdat, 1956. -- 255 p.
6. Kireicheva L.V., Khokhlova O.B. Evaluation of the energy resource of degraded soils of agricultural land // Agrochemical Bulletin. 2019 No. 3. S. 21-27
7. Mustafaeв J.S., Kozykееva A.T., Eskermesov J.E. Assessment of the technosphere state of agrolandscapes in the lower Syrdarya River // Environmental Engineering, 2015. No. 4. - P. 25-30.

УДК. 551.482.215.(575.2)(04)

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.69.98.009

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК ЛЕДНИКОВО-СНЕГОВОГО ПИТАНИЯ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ТРАНСГРАНИЧНОГО БАСЕЙНА РЕКИ ШУ

¹Жапаркулова Е.Д., ²Бажанова Л.В., ¹Калиева К.Е., ¹Таженова А.И.,
¹Турсыналы Д.

¹Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

²Институт Водных проблем и гидроэнергетики НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан

Аннотация. В статье приведены результаты исследования регионального изменения климата по данным наблюдений на метеостанциях Шуйского бассейна и его влияние на величину стока и режим рек ледниково- снегового питания на примере трех наиболее характерных рек бассейна: Шу, Чон-Кемин и Алаарча. Методом гидрологического прогноза, основанного на инерционности изменения среднегодовой температуры и расходов воды, при

условии сохранения этой тенденции в течение прогнозируемого периода, приведен прогноз среднегодового расхода рек на 2050 г.

Ключевые слова: климат, температура, сток, расход воды, прогноз

THE CLIMATE CHANGE IMPACT ON THE HYDROLOGICAL REGIME OF RIVERS GLACIER-SNOW FEED AND WATER RESOURCES OF THE SHU RIVER TRANSBOUNDARY BASIN

¹Zhaparkulova Y.D., ²Bazhanova L. V., ¹Kaliyeva K. E., ¹Tazhenova A.I.,
¹Tursynuly D.

¹Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan

²Institute of water problems and hydropower of the national academy of sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan

Abstract. *The article presents the results of a study of regional climate change based on observational data at weather stations in the Shuy basin and its effects on runoff and the regime of glacier-snow supply rivers using the three most characteristic rivers of the basin as an example: Shu, Chon-Kemin and Alaarcha. By the method of hydrological forecasting, based on the inertia of the change in the average annual temperature and water discharge, provided that this trend remains during the forecast period, the forecast is given up to 2050.*

Key words: *climate, temperature, runoff, water consumption, forecast*

Проблема изменения климата очевидна и актуальна уже в настоящее время и будет оставаться таковой в обозримом будущем, как в глобальном, так и региональном аспекте [1,4].

Административно Шуйский бассейн расположен в пределах двух государств: занимает северную часть Кыргызстана и южную часть Казахстана. Общая площадь бассейна более 67,5 тыс. км² - в Кыргызстане около 43% (Чуйская область), в Казахстане – 57% (Жамбыльская область). Зона формирования стока рек Шуйского бассейна практически полностью находится на территории Кыргызстана – 3,84 (97%) и 0,11 км³/год (3%) – Казахстана. Трендовый анализ среднегодовой температуры по метеостанциям (МС) Бишкек, Байтик, Тюя-Ашу за период параллельных наблюдений (1959-2017 гг.) однозначно положительный, отмечено увеличение в среднем на 1-2° С. (рис.1).

Рост температуры за 59 лет (по начальному и конечному значению трендов) составил по МС Бишкек - 1,9⁰С, по Байтику - 0,6⁰С, Тюя-Ашу - 1,0⁰С, интенсивность роста от 0,01 до 0,03⁰С/год. Тренд среднегодовой температуры по МС Байтик за весь период наблюдений 1914-2017 гг. (103 года) показывает рост температуры на 0,9⁰С (темп повышения 0,01⁰С/год).

Значимая положительная динамика роста температуры отмечена после 1972 г. Тренды температуры по МС Бишкек за сравниваемые периоды 1935-1972 и 1973-2017 гг. от исходного и конечного значений тренда показывают рост температуры на 0,2⁰ и 1,6⁰С соответственно по периодам (рис. 2).

На рисунке 2 представлена среднегодовая температура по данным МС за сравниваемые периоды, которые показывают увеличение температуры и особенно динамичное в период после 2000 г.

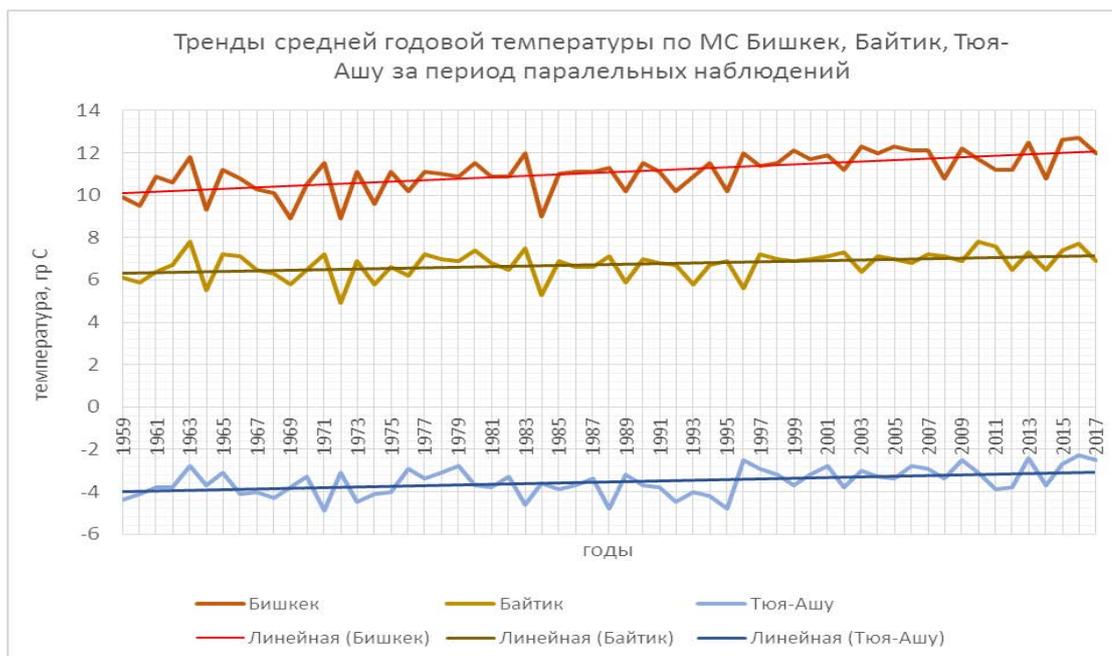


Рисунок 1 - Тренды средней годовой температуры по МС Бишкек, Байтик, Тюя-Ашу за период параллельных наблюдений 1959-2017 гг.

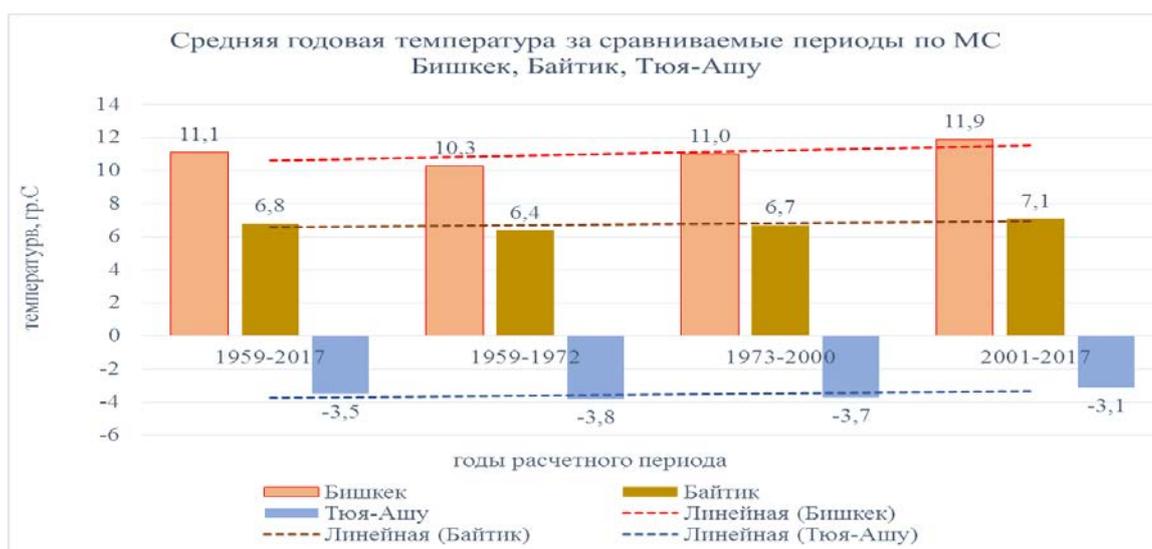


Рисунок 2 - Средняя годовая температура за сравниваемые периоды по МС Бишкек, Байтик, Тюя-Ашу

Годовая сумма осадков по рассматриваемым МС за период наблюдений существенно не изменилась. Изменение осадков неоднозначно и различно по величине и периодам. В период 1973-2017 гг. их величина в среднем составляет 16 мм (7,6%). Наиболее значимое увеличение осадков (за исключением Байтика) произошло за последние 17 лет (2001-2017 гг.) от 13 до 83 мм (4-20%) и составило в среднем 36 мм (9,2%).

Сущность прогнозирования заключается в вычислении с различной заблаговременностью и степенью точности того или иного элемента климата, в данном случае температуры воздуха [6]. В таблице 1 представлены результаты расчетов средней годовой температуры, скорость (темпы) ее роста в разные

временные периоды и прогноз на 2050 г. В расчетах взята скорость роста температуры за период 2001-2017 гг.

Методы прогноза на такой длительный период (32 года) рекомендуется принимать как ориентировочные значения, составленные на основании ретроспективного анализа данных среднегодовой температуры периода наблюдений при условии сохраняющейся тенденции и темпов потепления климата (роста среднегодовой температуры) в течение прогнозируемого периода, инерционность изменения и экстраполяция на прогнозируемый период до 2050 г.

По данному прогнозу темп роста среднегодовой температуры будет не столь значительным, по сравнению с климатическими сценариями по рамочной конвенции ПРООН [4]. По прогнозу авторов повышение температуры составит 0,6-1,6⁰С в зависимости от высотного и географического положения.

Основной сток рек Шуйского бассейна формируется на территории соседнего Кыргызстана и по этой причине анализ динамики и оценка водных ресурсов в основном проведена в границах формирования стока (табл. 2).

Таблица 1 - Среднегодовая температура по МС и прогноз на 2050 г.

Расчетный период	Количество лет	Среднее за период	Разность температур	Скорость роста, ⁰ С/год	Прогноз на 2050 рост/темп.	
МС Бишкек						
1959-2017	59	11,1				
1959-1972	14	10,3	-0,8	-0,057		
1973-2000	28	11,0	0,7	0,025		
2001-2017	17	11,9	0,9	0,036		
прогноз 2018-2050	33	13,1			1,6	13,1
МС Байтик						
1959-2017	59	6,8				
1959-1972	14	6,4	-0,4	-0,029		
1973-2000	28	6,7	0,3	0,011		
2001-2017	17	7,1	0,4	0,024		
прогноз 2018-2050	33	7,9			0,8	7,9
МС Тюя-Ашу						
1959-2017	59	-3,5				
1959-1972	14	-3,8	-0,3	-0,021		
1973-2000	28	-3,7	0,1	0,004		
2001-2017	17	-3,1	0,6	0,035		
прогноз 2018-2050	33	-2,5			0,6	-2,5

Таблица 2 - Основные гидрографические характеристики Шуйского бассейна в пределах Кыргызстана

Характеристики							
Ф, тыс.км ²	Н сред. высота, м	Т ⁰ С	Р мм	Е мм	Q км ³	М л/скм ²	К - коэф. увлажнения
22,3	2166	2,45	552	364	4,03	5,73	0,566

В таблице приведены характеристики бассейнов, рассчитанные Кузьмиченком В.А. картографическим методом по цифровой математической модели.

Основными источниками питания рек бассейна являются талые воды сезонных снегов (А) и талые воды снегов и ледников высокогорья (Б). Дождевые воды в стоке рек имеют второстепенное значение и не превышают 1% - на реках с высоко расположенными водосборами, возрастая до 10% - на реках с низкими водосборами (не более 2000 м). Это в основном реки равнинной части Казахстана (междуречье Шу-Таласа). Подземные воды играют в питании рек значительную роль и имеют решающее значение в меженный период. Во внутригодовом распределении стока основной объем приходится на летние месяцы - VI-IX (табл. 3).

Шуйский бассейн окружен высокими горными хребтами и имеет хорошо развитое оледенение. О динамике оледенения в Шуйском бассейне можно судить по данным, полученным В.А. Кузьмиченком по состоянию на 2003 г. для бассейна р. Алаарча (Кыргызский хребет) и бассейна р. Чон-Кемин (хребты Кунгей Ала-тоо и Заилийский) [3].

Таблица 3 - Внутригодовое распределение стока рек ледниково-снегового питания по сезонам (%)

Река - гидрометрический створ	Показатель типа питания - δ	Зима XII-II	Весна III-V	Лето VI-IX	Осень X-XII
Иссык-Ата-с.Юрьевка	2,40	12,9	12,5	49,6	25,0
Аламедин-у. р. Чункурчак	2,70	8,0	20,2	61,3	10,5
Алаарча-у. р.Кашка-Суу	2,24	7,0	22,0	58,0	13,0

Динамика площади ледников в бассейне реки Алаарча:

- в 1963 г. составляла - 42,83 км², в 1981 г. - 40,62 км², в 2003 г. - 36,31 км².

За весь период 1963-2003 гг. площадь ледников уменьшилась на 15,2% (средняя за год - 0,38%).

Динамика площади ледников верховьев бассейна реки Чон-Кемин:

- с 1955 по 1979 гг. сократилась на 9,3% (средняя за год скорость сокращения - 0,46%); с 1979 по 1999 гг. - на 7,8% (средняя за год - 0,32%); за весь период с 1955 по 1999 гг. - на 16,4% (средняя за год - 0,37%).

Анализ среднегодовых расходов воды был сделан по трем наиболее характерным для Шуйского бассейна рекам: Шу - с. Кочкорка, Чон-Кемин - устье и Алаарча - у р. Кашкасу (табл. 4).

Из данных таблицы можно сделать следующий вывод: после 70-х годов прошлого века на фоне климатических изменений (потепления) началось увеличение водности реки, которое сохраняется и более динамично развивается в настоящий период. Наиболее значимая скорость увеличения стока отмечена в период 2001-2017 гг. по р. Шу – 0,124, по р. Чон-Кемин – 0,159, по р. Алаарча – 0,091 м³/с/год. В этот же период отмечен и наиболее значимый рост температуры воздуха.

Таблица 4 - Среднегодовые расходы воды за сравниваемые периоды
и скорости их увеличения

Характеристики	Период	Число лет	Сред. расход м ³ /с	Разность м ³ /с	Скорость м ³ /с/год
Шу – с. Кочкорка					
норма стока	1937-2017	81	28,7		
базовый	1937-1972	36	28,3	-0,4	
	1973-2000	28	28,2	-0,5	-0,018
	2001-2017	17	30,4	2,1	0,124
% от нормы	1973-2017	42	29,0	0,3	1,1
Чон-Кемин					
норма стока	1929-2017	88	22,5		
базовый	1929-1972	43	21,5	-1,0	
	1973-2000	28	23,2	1,7	0,061
	2001-2017	17	24,2	2,7	0,159
% от нормы	1973-2017	45	23,5	1,0	4,4
Алаарча					
норма стока	1928-2017	90	4,72		
базовый	1928-1972	45	4,19	-0,53	
	1973-2000	28	4,95	0,76	0,027
	2001-2017	17	5,73	1,54	0,091
% от нормы	1973-2017	45	5,24	0,52	11

Прогноз среднегодового расхода воды на период до 2050 г.

Сущность гидрологического прогнозирования заключается в расчете с определенной заблаговременностью и степенью точности величины того или иного элемента режима стока, основанного на знании закономерностей развития данного процесса [2].

При экстраполяции до прогнозируемого 2050 г. в расчетах принята скорость (темпы увеличения расходов воды за период 2001-2017 гг.): для р. Шу – 0,124, для Чон-Кемин – 0,159, для р. Алаарча – 0,091 м³/с/год. При такой тенденции роста к 2050 году средний годовой расход по р. Шу должен составить 32,3; по р. Чон-Кемин - 29,3; по р. Алаарча – 8,64 м³/с. Однако такие величины могли бы иметь место при сохраняющейся тенденции и интенсивности (темпов) роста температуры воздуха, рассчитанной по трендовому анализу и имеющейся в настоящее время степени оледенения водосборов.

Опираясь на прогноз (Кузьмиченок В.А., 2003) сокращения оледенения к 2050 г. до минимума, также до минимума сократится сток рек, т.е. на ледниковую составляющую.

По данным [5] в год средней водности доля ледникового стока (июль-сентябрь) составляет по р. Шу – 35, р. Чон-Кемин – 44, по р. Алаарча – 57%. Принимая эти данные при расчетах потери ледникового стока, условно можно считать, что именно на такую величину сократится прогнозируемый сток к 2050 г. (табл. 5).

По р. Шу согласно прогнозу на 2050 г. средний годовой расход воды составит 21,3 м³/с, при норме за период наблюдений 28,7 м³/с (сократится на

26%). Для сведения, за период наблюдений минимальные среднегодовые расходы воды 95 и 99% обеспеченности - 22,6 и 20,6 м³/с соответственно.

По р. Чон-Кемин по прогнозу среднегодовой расход составит 16,3 м³/с, за период наблюдений 22,5 (сокращение на 28%), минимальные расходы за период наблюдений 95 и 99% обеспеченности - 17,6 и 16,1 м³/с соответственно.

По р. Алаарча – по прогнозу 3,73 м³/с, средний многолетний за период наблюдений - 4,72 м³/с (сокращение на 21 %), минимальные расходы 95 и 99% обеспеченности - 3,39 и 3,10 м³/с.

Сравнение с минимальными расходами воды сделано не случайно, чтобы показать на какие в среднем величины стока можно ориентироваться в будущем при разработке адаптационных мер. Такие ситуации в отдельные годы периода наблюдений уже случались и водопользователи, водопотребители к ним приспосабливались, принимали необходимые меры и договоренности при водораспределении стока.

Таблица 5 - Прогноз среднего годового расхода воды рек на 2050 г.

Характеристика	Период	Количество лет	Расход воды, м ³ /с
Шу			
1	2	3	4
прогноз	2018-2050	32	32,3
сокращение сток	VII-IX	35%	11,0
прогноз	2050		21,3
расход 95%			22,6
расход 99%			20,5
Чон-Кемин			
прогноз	2018-2050	32	29,3
сток	VII-IX	44,4%	13,0
прогноз	2050		16,3
расход 95%			17,6
1	2	3	4
расход 99%			16,1
Алаарча			
прогноз	2018-2050	32	8,64
сокращение стока	VII-IX	57%	4,91
прогноз	2050		3,73
расход 95%			3,39
Расход 99%			3,10

Список использованных источников

1. Будыко М.Н., Винников К.Я., Дроздов О.М. и другие. Предстоящие изменения климата. Известия АН СССР. Серия География. Выпуск 6. 1978 с. 5-20.
2. Бажанова Л.В. Прогноз водности рек и распределение водных ресурсов на 2020 год. Отчет по проекту ГЭФ ПРООН КҮР |00|G31| Бишкек. 2002. 47 с.
3. Кузьмиченок В.А. Математико-картографическое моделирование возможных изменений водных ресурсов и оледенения Кыргызстана при изменении климата. //Вестн. Кыргызско-Российского Славянского Университета. Т.3. №6, 2003. С.53-64.

4. 1 и 2-е Национальное сообщение КР по рамочной конвенции ПРООН об изменении климата в Кыргызстане. Бишкек, 2003, 2009
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.14, вып.2. Бассейн озера Иссык-Куль, рек Чу, Талас, Тарим. Гидрометеиздат. Л. 1973. 308 с.
6. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. 222 с.

Reference

1. Budyko M.N., Vinnikov K.Ya., Drozdov O.M. other. Upcoming Climate Change. Proceedings of the USSR Academy of Sciences. Series Geography. Issue 6. 1978 p. 5-20.
2. Bazhanova L.V. Forecast of river water content and distribution of water resources for 2020. UNDP GEF Project Report KYR | 00 | G31 | Bishkek. 2002.47 p.
3. Kuzmichenok V.A. Mathematical and cartographic modeling of possible changes in water resources and glaciation of Kyrgyzstan with climate change. // Vestn. Kyrgyz-Russian Slavic University. Т.3. No. 6, 2003. P.53-64.
4. The 1st and 2nd National Communication of the Kyrgyz Republic on the UNDP Framework Convention on Climate Change in Kyrgyzstan. Bishkek, 2003, 2009
5. Resources of surface waters of the USSR. Т.14, issue 2. Basin of Issyk-Kul Lake, Chu, Talas, Tarim rivers. Hydrometeoizdat. L. 1973. 308 p.
6. Chebotarev A.I. Hydrological dictionary. - L. : Gidrometeoizdat, 1964. 222 p.

УДК 574

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.24.32.010

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЯРОСЛАВСКОГО ГОКА И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Зайцев А.И.

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

***Аннотация:** в данной работе рассматриваются возможные риски при эксплуатации хвостохранилищ Ярославского горно-обогатительного комбината в связи с возможными климатическими изменениями, а также пути предотвращения некоторых из этих рисков*

***Ключевые слова:** хвостохранилище, гидротехнические сооружения, изменение климата, природоохранное строительство, охрана окружающей среды, промышленная экология*

THE CLIMATE CHANGE INFLUENCE ON YAROSLAVL GOK TAILINGS DAMS AND GOR IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Zaitsev A. I.

Kostyakov Institute of land reclamation, water management and construction of the Russian state agrarian University -Timiryazev Moscow state agricultural Academy, Moscow, Russia

***Annotation:** this paper discusses the possible risks associated with the operation of the Yaroslavl mining and processing plant's tailings storage facilities due to possible climate changes, as well as ways to prevent some of these risks.*

***Key word:** tailings storage, hydraulic structures, climate change, environmental construction, environmental protection, industrial ecology*

Введение

Актуальность и необходимость учета погодных условий при проектировании, строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений неоспорима, особенно в условиях климатических зон России. Важно понимать, что при различных внешних условиях износ объектов гидротехнических сооружений и их влияние на окружающую среду разное. Более широкий диапазон внешних условий и их переменчивость ставят задачу более жесткого подхода к выполнению условий безопасности и надежности сооружений [1].

Объект исследования. Хвостохранилища Ярославского горно-обогатительного комбината (ЯГОК) располагается в климатической области муссонного климата умеренных широт и характеризуется теплым, богатым осадками летом и холодной сухой зимой, что обуславливает чрезвычайно широкий перепад температур за год. Согласно современным научным тенденциям невозможно спорить с фактом изменения климата. В условиях Дальнего Востока, где расположен ЯГОК, это подтверждается все большим перепадом температур в течение года за последние годы. Кроме того, согласно существующей статистике, на территории Российской Федерации увеличивается количество опасных природных явлений – если к началу XXI века ежегодное их число было около 150, то к сегодняшнему дню их количество увеличилось в 3,5 раза, что будет замечено существующими природными и антропогенными системами.

Для рассматриваемых хвостохранилищ ЯГОК-а №3 и №4, по данным 2014 года, наблюдались следующие максимальные нагрузки:

- штормовой ветер со скоростью 25 м/сек и более. Повторяемость 5 раз в 10 лет. С 1936 по 1998 год 24 раза отмечались ветры со скоростями 24÷28 м/сек, 4 ветра со скоростями 29÷33 м/сек и 2 ветра со скоростями 34÷40 м/сек;
- сильный дождь (количество осадков 50 мм и более в течение 12 часов и менее). Повторяемость 5 раз в 10 лет. С 1936 по 1998 год отмечалось 25 дождей с количеством осадков 50÷80 мм и 5 дождей с количеством осадков 80÷160 мм. Наибольшая повторяемость приходится на август;
- сильный снегопад (количество осадков 20 мм и более в течение 12 часов и менее). Повторяемость 2 раза в 10 лет. С 1963 по 1998 год отмечалось 12 сильных снегопадов с количеством осадков 20÷60 мм;
- дождевые паводки (р. Абрамовка) наблюдаются в августе – сентябре. Высота их 1,5÷2,5 м, наибольшая – 3,6 м отмечалась в 1943 году. Интенсивность подъема уровня воды достигает 2,2 м/в сутки (1965 год), обычная скорость 0,8÷1,3 м/в сутки. Повторяемость больших паводков – 1 раз в 5 лет, катастрофических – 1 раз в 15 лет;
- диапазон температур от -460 °С до +380 °С, скорость ветра до 40 м/с, воздействие снежного покрова толщиной до 41 см.

Расширение диапазона этих характеристик может привести к различным нарушениям в эксплуатации, снижению срока службы, авариям [2].

Методом исследования является экологический мониторинг. Для предотвращения разрушения необходимо уделить большее внимание наблюдениям за состоянием окружающей среды, климатическими отклонениями и их влиянием

на надежность и долговечность сооружений. Увеличение запаса прочности сооружения должно предотвратить наиболее опасные возможные чрезвычайные происшествия. Наиболее вероятная возможная авария - гидродинамическая и, согласно расчетам, в результате нее пострадают 2 человека из числа персонала ЯГОК. Урон, нанесенный окружающей среде, будет существенен, так как хвосты, содержащиеся в хвостохранилище, распределятся по окружающей территории, что безусловно ухудшит экологическую ситуацию в Приморье.

При сохранении преобладающих направлений ветра и увеличении скорости ветра пыль, отлетающая с поверхности хвостохранилищ, будет оседать в прилегающих районах. Расширение диапазона температур, что также наблюдается сегодня повсеместно, в том числе и в Приморском крае, будет способствовать внутренним разрушениям тела дамбы хвостохранилищ. Увеличение осадков вследствие изменения климата может привести к заполнению емкости хвостохранилищ и переливу воды через гребень ограждающих дамб с их разрушением и возникновением гидродинамической аварии.

Выводы

Для предотвращения роста рисков необходимо искусственно повышать устойчивость подпорных сооружений и надежность системы в целом. Наиболее эффективным будет применение орошения для снижения пыления хвостохранилищ (установка мелиоративной системы, которая включает в себя перфорированные трубы и датчики, реагирующие на внешние условия; для орошения целесообразно будет использовать воду, осветленную (очищенную) из хвостохранилищ).

Для снижения внешних нагрузок необходимо следить за состоянием реки Волкуши, которая расположена в непосредственной близости к рассматриваемым объектам и, следовательно, взаимосвязана с данной природной технической системой.

На сегодняшний день невозможно точно предсказать климатические изменения не только на глобальном, но и на локальном уровне, особенно на столь долгий период. Таким образом, на данный момент, мы можем лишь предполагать с той или иной долей вероятности, какие мероприятия будут необходимы для сохранения жизнеспособности существующих природных и антропогенных систем. Однако, зная существующие тенденции и соответственно среагировав, мы можем не только сохранять эту жизнеспособность, но и снижать возможные риски.

Список использованных источников

1. Зимнюков, В.А., Зборовская, М.И., Абрамова, М.В. Влияние климатических изменений на работу шламонакопителя. В сборнике Доклады ТСХА. Материалы международной научной конференции. – М.: РГАУ-МСХА, 2018 г. С. 177 – 179.
2. Гула, К.Е. К вопросу оценки хвостохранилища как источника загрязнения объектов природной среды / К.Е. Гула, Л.Т. Крупская, А.М. Дербенцева, К.В. Ионкин, А.В. Крупский // Горный информационно-аналитический бюллетень – 2009 г. С. 234 – 242.

References

1. Zimnyukov, V. A., Zborovskaya, M. I., Abramova, M. V. Influence of climate changes on the work of the sludge collector. In the collection of reports of the TAA. Materials of the international scientific conference. - Moscow: RGAU-MSHA, 2018 Pp. 177-179.
2. Gula, K. E. On the issue of assessing the tailings storage as a source of pollution of natural environment objects / K. E. Gula, L. T. Krupskaya, A. M. Derbentseva, K. V. Ionkin, A.V. Krupsky // Mining information and analytical Bulletin-2009, Pp. 234-242.

УДК:631.42:581.55

DOI 10.37738/VNIIGIM.2020.15.67.011

МОНИТОРИНГ РЕЖИМОВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ НА ОБЪЕКТАХ ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ

¹Инишева Л.И.; ²Шайдак Л.В., ³Инишев Н.Г.

¹Томский государственный педагогический университет, г. Томск, Россия;

²Институт сельского хозяйства и лесных исследований Польской АН, г. Познань, Польша.

³НИУ Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В работе рассматривается динамика гидрологического и биологического режимов в мелиорируемых олиготрофном и эвтрофном болотах и дается оценка направленности процесса заболачивания.

Ключевые слова: Западная Сибирь, болото, лесомелиорация, заболачивание

MONITORING OF PEAT SOIL REGIMES AT FOREST RECLAMATION SITES

¹Inisheva L. I., ²Szaidak L. V., ³Inishev N. G.

¹ Doctor of Sciences, Professor, Tomsk State Pedagogical University, Tomsk, Russia;

²Prof. dr hab, Institute for Agricultural and Forest Environment Polish Academy of Sciences, Poznań, Poland;

³National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Abstract. The paper considers the dynamics of hydrological and biological regimes in reclaimed oligotrophic and eutrophic swamps and assesses the direction of the waterlogging process.

Keyword: West Siberia, swamp, forest reclamation, waterlogging

Возникновение новых очагов устойчивого заболачивания, по мнению специалистов, в настоящее время в естественных условиях маловероятно [3,7], а процесс заболачивания лесов носит прерывистый характер и большого значения не имеет [6]. Однако, аэровизуальные наблюдения в Карелии, проведенные в 1978 г. в Калевальском и Кемском районах, свидетельствуют об интенсивном наступлении болот на леса. Не заболоченная лесная площадь составляет там не более 20–30% [6]. Подобная тенденция отмечена и в других типах леса, например Вепском лесу. Статистические данные свидетельствуют также о том, что за последние 40 лет увеличение заболоченности отмечается во всех административных районах (кроме некоторых южных) России (Сперанская Н.А., 2005, персональное сообщение). Совершенно очевидно, что современное заболачива-

ние в большой степени обусловлено разрушением созданных ранее лесосушительных систем. В России с 1775 по 1991 годы было осушено 4,96 млн. га, причем с 1925 по 1991 годы (без Прибалтики, Белоруссии и Украины) лесосушительные системы были построены на площади более 4 млн. га. В 1991 г. гидролесомелиоративные работы, как известно, резко сократились. Есть основания полагать, что к настоящему времени вторичному заболачиванию подверглось не менее 1 млн. га [2].

Цель исследований: на примере гидрологического и биологического режима оценить направленность процесса заболачивания на объектах лесомелиорации в Западной Сибири.

Объект исследования – 5-й Участок Васюганского болота, это часть юго-восточных отрогов Васюганского болота. На части его территории была построена осушительная сеть под лесомелиорацию. В границах участка и за его пределами были выбраны 2 пункта наблюдений за режимами болота, на естественном олиготрофном участке – п. 7 и на осушаемом олиготрофном – п. 6. Сравнение строения торфяных залежей на естественном и осушаемом участках позволяет сделать вывод об одинаковых экологических условиях развития болотных экосистем в обоих пунктах до осушения (табл. 1).

Таблица 1 - Характеристика общетехнических свойств торфов в торфяных залежах пунктов исследований

Глубина, м	Вид торфа	Степень разложения, %	Зольность, %	pHсол
пункт 7 (естественный)				
0–1	Фускум	5-5	<u>2,12–4,17</u>	<u>2,7–3,6</u>
1–2	Магелланикум, пушицево-сфагновый	5-20	<u>4,12–6,09</u>	<u>4,0–4,9</u>
2–3	Древесно-осоковый, древесно-травяной	35-40	4,00-6,81	<u>4,1–4,5</u>
пункт 6 (мелиорируемый)				
0–1	Фускум, сфагновый	5-15	1,41-4,40	2,4-3,2
1–2	фускум, ангустифолиум, пушицево-сфагновый	15–30	4,61-5,52	3,5-3,7
2–3	Древесно-пушицевый, сфагновый, пушицево-сфагновый	30-50	3,51-2,22	4,2-4,5

Другой объект изучения – эвтрофное болото Таган имеет площадь 4068 га и расположен в древней ложбине стока р. Томи, на которой подстилающими породами служат пески, супеси и суглинки. Такое сочетание внешних условий позволило сформироваться торфяной залежи довольно однородного ботанического состава с невысокой зольностью. Исследования проводили на двух опорных пунктах. Пункт 1 представляет собой естественный участок. Растительность: береза, редкие угнетенные сосны, в наземном покрове преобладает крапива, осока, папоротник. Торфяная залежь имеет мощность около 3,0 м. На пункте 2 проведена агролесомелиорация. Возраст торфяной залежи – 5465 ±

140 14С лет ВР (СО РАН–7646) и ее мощность 3,0 м. Древесный ярус представлен березой с редкими соснами; напочвенный покров: осока, крапива. Вдоль участка проведены борозды глубиной 0,5 м и расстоянием между бороздами 2–3–4 м. Некоторые свойства торфов в торфяной залежи эвтрофного болота Таган приведены в таблице 2, из которой следует, что пп. 1 и 2 по стратиграфии торфяной залежи до глубины 175 см имеют одинаковый ботанический состав.

Наблюдения за УБВ проводили в специально оборудованных колодцах в каждом пункте в соответствии с [5]; периодичность наблюдений – раз в неделю. За нулевую отметку принята условная отметка средней поверхности болотного ландшафта (средняя поверхность болота, определяемая методом линейной таксации или микронивелировки микрорельефа поверхности болота). За среднюю поверхность болота принимается поверхность, соответствующая отметке средней высоты элементов микрорельефа [4], положение уровня определялось как разность отметок репера и зеркала болотных вод; для изучения водного режима отбирались пробы торфа до глубины УБВ еженедельно в 5-ти повторностях. Влажность определяли весовым методом [ГОСТ 11305-83]. С целью изучения динамики микробиологических процессов ежемесячно или 3 раза за теплый период с помощью бура ТБГ 1 отбирали образцы торфов в соответствии с ботаническим составом; методом посева на твердые питательные среды проводили определение численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов на среде Омелянского (аэробы, анаэробы).

Таблица 2 Характеристика общетехнических свойств торфов в торфяных залежах пунктов исследований

Глубина, м	Вид торфа	Степень разложения, %	Зольность, %	pHсол
пункт 1				
0–1	Травяной, травяно-гипновый	25–35	$\frac{6,63-11,17}{9,59}$	$\frac{5,5-5,6}{5,8}$
1–2	Травяной, древесно-травяной, осоковый	30–40	$\frac{10,32-12,09}{11,06}$	$\frac{5,6-6,0}{5,8}$
2–3	Древесный, папортниковый, древесно-травяной	40–55	$\frac{8,89-17,24}{11,78}$	$\frac{6,1-6,2}{6,1}$
пункт 2				
0–1	Древесный, травяной, древесно-травяной	30–35	$\frac{5,10-14,40}{10,45}$	$\frac{5,7-6,2}{5,9}$
1–2	Древесно-вахтовый, вахтовый, травяной	35–50	$\frac{8,50-14,10}{10,52}$	$\frac{5,8-6,6}{6,1}$
2–3	Травяной, осоковый древесный	45	$\frac{9,18-11,32}{10,25}$	$\frac{5,9-6,0}{5,9}$

Примечание: Числитель – экстремальные значения; знаменатель – среднее значение

Рассмотрим гидрологический и микробиологический режим олиготрофного болота 5-ый Участок Васюганского болота. Период наблюдений за режимами болота охватывает 6 лет, из них 2 года (2000 и 2003 гг.), которые можно отнести к сухим (ГТК 0,8 и 0,8), 2 года с ГТК 1,4 и 1,3 – к среднемноголетним и 2004, и 2005 гг. с ГТК 1,6 и 1,8 – к условно влажным.

Среднегодовое амплитуды колебаний УБВ в теплый период на мелиорируемом и естественном пункте характеризовались значениями $-22,4/$ и -19 см/ соответственно. Динамика колебаний УБВ на мелиорируемом участке имела диапазон от $-28/$ до $-6,4/$ см, на естественном участке УБВ изменялись в пределах $-22,8/$ до $-3,8/$ см относительно средней поверхности болота. Динамика УБВ за 5 лет в течение теплых периодов характеризовалась весенним максимумом -8 и 6 см и осенним минимумом $-19,5/$ и $-13,2/$ см ниже средней поверхности, соответственно, для мелиорируемого и естественного участков. В этих условиях влажность поверхностного слоя $0-10$ см на обоих участках колебалась в пределах $83-95\%$ от полной влагоемкости (ПВ). В слое $10-20$ см влажность всегда была близка к ПВ, далее в нижних слоях – ПВ и чаще всего находилось зеркало болотных вод. Выделяется теплый период 2003 г., когда ГТК был равен $0,8$ и УБВ опустились ниже обычного – до $-40/$ – $-60/$ см соответственно в пп. 7 и 6 и влажность в этих слоях была ниже значения ПВ.

Таким образом, полученные за период исследований результаты режима влажности на обоих пунктах наблюдений олиготрофного болота (5-й Участок Васюганского болота) свидетельствуют о том, что если даже процесс заболачивания на исследуемой территории не прогрессирует, то он находится явно в стабильном состоянии. Тем более, судя по погодным условиям (за 5-летний период исследований только 2 года были относительно сухими), фактор соотношения температуры и выпадающих осадков, как за теплый период, так и за зимний период свидетельствуют не в пользу снижения активности заболачивания.

Микроорганизмы, осуществляющие процесс торфогенеза в торфяной залежи, представлены разными микробными сообществами. К наиболее представительным можно отнести целлюлозоразрушающие микроорганизмы, являющиеся важным компонентом микробного ценоза торфяных болот всех типов.

Интенсивность разрушения целлюлозы в торфяной залежи определялась изменениями экологических условий, формирующихся под влиянием метеосреды территории и других факторов (рис. 1). При общей невысокой численности целлюлозников аэробов – до $17,0 \cdot 10^3$ КОЕ/г сухого торфа (с. т.), в июле 2002 г. в торфяной залежи мелиорируемого п. 6 их численность достигала значений в среднем по глубине торфяной залежи – $485,2 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т., в торфяной залежи п. 7 – $144,5 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т. В сухом 2003 г. динамика численности аэробов в торфяных залежах рассматриваемых пунктов была противоположной: в мае (ГТК $0,5$) отмечалось их высокая численность (до $220,9 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т.) в среднем по торфяной залежи в п. 7, в июле–сентябре – в торфяной залежи п. 6 (соответственно выше в $6,4$ и $9,0$ раз). Гидротермический коэффициент этих 2-х месяцев был равен $1,2$ и $1,4$.

Таким образом, в мелиорируемой торфяной залежи происходила более активная деструкция целлюлозы, но проявлялась она при отдельных благоприятных погодных условиях.

Далее рассмотрим активность анаэробных деструкторов целлюлозы в торфяных залежах пп. 7 и 6 (рис. 2). Численность целлюлозоразрушающих анаэробов в среднем по ТЗ обоих пунктов характеризовалась противоположной

динамикой. В 2001 г. отмечалась высокая численность анаэробов, а в сентябре – их наибольшие значения – $11,4 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т. в ТЗ п. 7 и $6,0 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т. – в торфяной залежи п. 6.

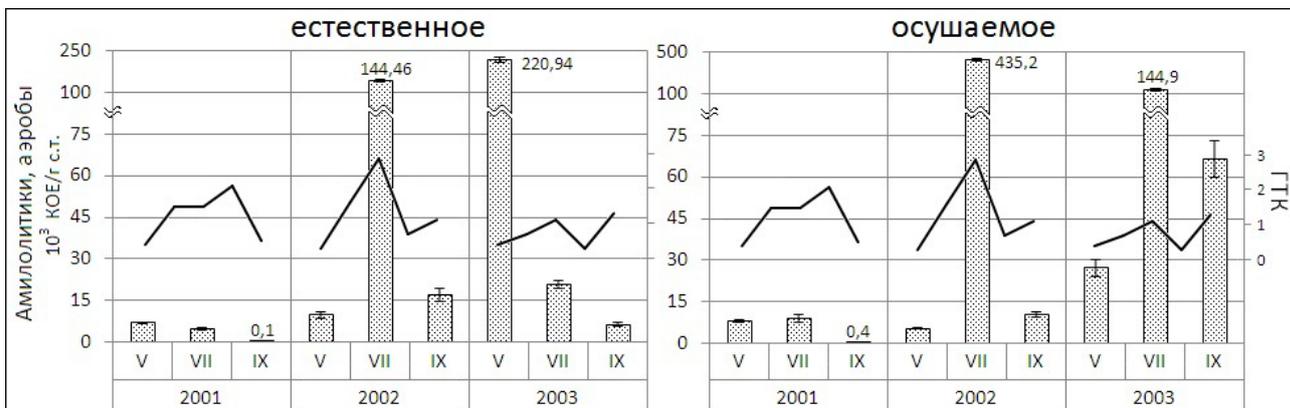


Рисунок 1 - Динамика численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов (аэробов) в среднем по торфяной залежи за период исследования

Во влажном 2002 г. анаэробы проявили активность только в сентябре, причем в торфяном профиле п. 6 их было в 2 раза больше. В сухом 2003 г. в мае торфяной залежи мелиорируемого п. 6 их численность была в 2,5 раза выше, чем в естественной (п. 7), но в последующие месяцы их активности сравнялись.

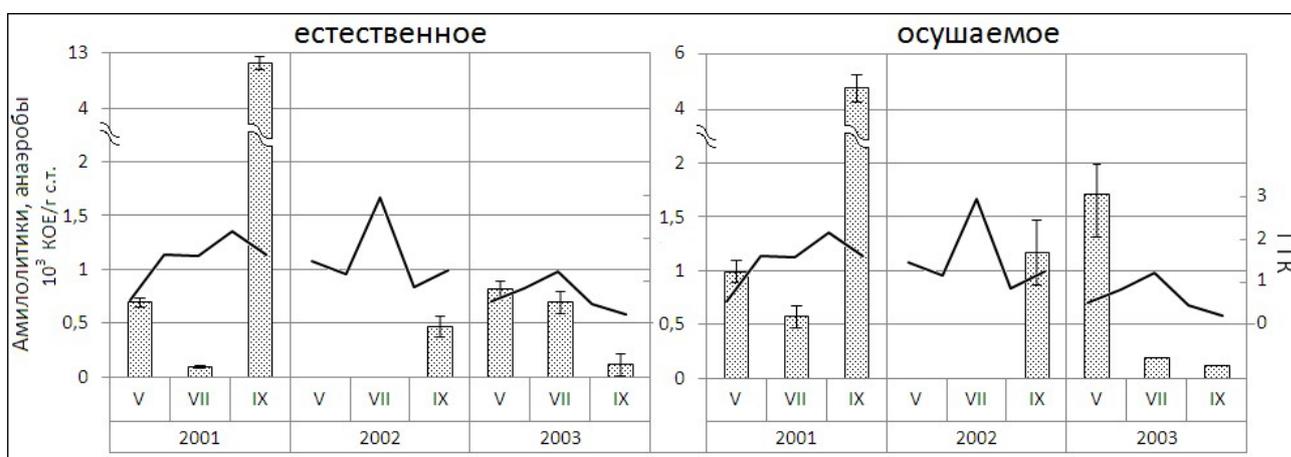


Рисунок 2 - Динамика численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов (анаэробов) в среднем по торфяной залежи за период исследования

Надо полагать, что процесс разложения целлюлозы в торфяных залежах Участка 5 примерно имел одинаковую скорость как в естественной, так и в мелиорируемой торфяной залежи.

Таким образом, мелиоративное воздействие оказало весьма незначительное влияние на изменение биологического режима в торфяных залежах, в том числе и в поверхностном слое 0–50 см п. 6. Это можно объяснить тем, что после прокладки каналов на Участке 5 на протяжении последующих лет обслуживание мелиоративной системы не проводилось, и постепенно территория приходила в исходное состояние. Заметим, что на

период исследований после проведения мелиорации прошло не менее 60 лет. В результате при анализе численности среднеглубинных значений целлюлозников в торфяной залежи не выявилось влияние мелиоративного воздействия. Но можно сказать также, что в мелиорируемом торфяном профиле первоначального состояния биологического режима, которое констатировалось в естественном профиле, полностью еще не было достигнуто.

Исследования на болоте Таган проводились в течение 8 лет с 2008 по 2015 гг. За годы исследований по ГТК выделялся сухой год (2014 г.), относительно сухие годы (2010, 2012 и 2013 гг.), среднемноголетние годы (2008, 2011, 2015 гг.) и влажный год (2009 г.).

На протяжении всех теплых периодов УБВ были ниже на 20–40 см в торфяном профиле мелиорируемого п. 2 по сравнению с п. 1. Наибольший интервал колебаний УБВ составил 55 см в п. 1, 70 см – в п. 2. Таким образом, более высокие УБВ наблюдались в торфяной залежи п. 1, а устройство неглубокой осушительной сети на участке с агролесомелиорацией повлияло на более низкие УБВ в залежи п. 2. Какое оказали влияние УБВ на динамику влажности в торфяном профиле болота Таган?

В разные годы по ГТК влажность в слое 0–50 см эвтрофного болота не снижалась за предел 0,8 ПВ, а во влажные годы длительное время вода находилась на поверхности эвтрофного болота. В мелиорируемой торфяной залежи п. 2 динамика влажности идентична динамике влажности в п. 1, несмотря на разные УБВ. Необходимо заметить, что эти 2 пункта расположены на близком расстоянии друг от друга, а проходящий нагорный канал, возможно, оказывает частичное влияние на режим влажности и в торфяном профиле п. 1 и, соответственно, динамика влажности оказалась в пп. 1 и 2 практически одинаковой на протяжении разных по погодным условиям лет исследований. Например, в работе С.Э. Вомперского [1] приводится вывод о том, что при мелиорации эвтрофных болот по сравнению с верховыми и переходными увеличения стока за счет разгрузки грунтовых вод может и не быть. А структура их водного баланса может приближаться к естественному дренируемому состоянию, но при существенно больших влагозапасах, сохраняющихся в торфяной залежи и после проведения мелиорации.

Наши исследования микробной ассоциации разрушителей клетчатки были ограничены 3 годами: 2009, 2011 и 2013 (ГТК соответственно равны 1,8, 1,4 и 1,0). Прежде всего, обратим внимание на экстремальные и средние их значения за летний период по годам. Так, за 3 года экстремальные значения целлюлозников аэробов в торфяном профиле п. 1 изменялись в пределах $0,1-563,5 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т. (при экстремальных средних значениях $3,5-150,0 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т.). В торфяной залежи п. 2 эти значения соответственно были $0,1-537,1 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т. при экстремальных средних значениях $4,2-157,3 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т.

Активность анаэробных целлюлозников (период наблюдений 2 года) была меньше. Так, торфяная залежь в п. 1 имела экстремальные значения их численности $0,1-5,6 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т., и средние экстремальные $1,6-2,8 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т., а в торфяной залежи п. 2 соответственно $0,1-40,5 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т. и средние экс-

тремальные значения $3,0-10,4 \cdot 10^3$ КОЕ/г с. т. В сезонной динамике численности разрушителей клетчатки отмечалась максимальная активность микроорганизмов анаэробов в п. 2 и в 2009 и в 2013 гг. Возможно, причиной этому послужило переувлажнение, связанное с предыдущими годами. На основании анализа динамики численности микроорганизмов углеводного комплекса, можно отметить следующее: в эвтрофном болоте развиты процессы микробиологической деструкции органического вещества и такое антропогенное воздействие как агролесомелиорация (неглубокие борозды до 0,7 м) не оказало существенного влияния в сторону развития аэробных стадий преобразования целлюлозы. Из целлюлозников по численности преобладают аэробы.

Выводы

Проведение лесомелиорации на олиготрофном болоте (Участок 5 Васюганского болота) 40 лет назад констатирует незначительное ее влияние в настоящее время на гидрологический режим мелиорируемой территории, который близок к естественному состоянию, что свидетельствует о повторном заболачивании этой территории в условиях отсутствия эксплуатации осушительной системы. На олиготрофном болоте (Участок 5 Васюганского болота) динамика численности микробного сообщества характеризовалась близкой динамикой, но отмечалась нестабильность их функционирования и большая активность в условиях осушения.

На эвтрофном болоте Таган среднедолголетние уровни болотных вод от средней поверхности болота изменялись в пределах 0–/–40/ см, влагозапасы в пределах 0,8–1,0 полной влагоемкости. На мелиорируемой территории в засушливые годы отмечалось снижение уровня болотных вод до /–60/ см с влагозапасами близко к 0,7 полной влагоемкости. Активность микробных сообществ (целлюлозников) в эвтрофном болоте увеличивалась по сравнению с олиготрофными. В большей степени проявилось и влияние агролесомелиорации.

Список использованных источников

1. Вомперский С.Э. Лес и болото: особенности круговорота веществ и проявления биосферной роли // Лесоведение. – 1991. – № 6. – С. 54–64.
2. Константинов В.К. Гидролесомелиоративная энциклопедия. – СПб: Гидрометеиздат, 2000. – 275 с.
3. Кузьмин Г.Ф. Болота и их использование // Сборник научных трудов НИИ торфяной промышленности. – СПб: 1993. – 140 с.
4. Методические указания по расчетам стока с неосушенных и осушенных болот / М-во природ. ресурсов и экологии РФ; Федер. Служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – Санкт-Петербург: Петербургский модный базар, 2011. – 150 с.
5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – вып. 8. – 360 с.
6. Пьявченко Н.И. Болотообразовательный процесс в лесной зоне // Значение болот в биосфере. – М.: Наука, 1980. – С. 7–16.
7. Пьявченко Н.И. Торфяные болота, их природа и хозяйственное значение.– М.: Наука, 1985. – 152 с.

References

1. Vompersky S. E. Forest and swamp: features of the circulation of substances and manifestations of the biosphere role // forest science. - 1991. - № 6. - Pp. 54-64.
2. Konstantinov V. K. Hydrolesomeliorative encyclopedia. - Saint Petersburg: Hydrometeoizdat, 2000. - 275 p.
3. Kuzmin G. F. Bogs and their use // Collection of scientific papers of the research Institute of the peat industry. Saint Petersburg, 1993, 140 p.
4. Methodological guidelines for calculating runoff from UN-drained and drained swamps / M-vo prirodny. resources and ecology of the Russian Federation; Feder. Hydrometeorology and environmental monitoring service. – Saint-Petersburg: Saint Petersburg fashion Bazaar, 2011. - 150 p.
5. Instructions for hydrometeorological stations and posts. - L.: Hydrometeoizdat, 1990. - issue 8. - 360 p.
6. Piavchenko N. I. Swamp-Forming process in the forest zone // The meaning of swamps in the biosphere. - Moscow: Nauka, 1980. - P. 7-16.
7. Piavchenko N. I. Peat bogs, their nature and economic significance. - Moscow: Nauka, 1985. - 152 p.

УДК 624.131.6

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.27.23.012

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОСУШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ДРЕНАЖЕМ

Казьмирук И.Ч.

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Проанализированы свойства грунтов и даны рекомендации по применению защитных фильтров закрытого трубчатого дренажа в различных почвенно-грунтовых условиях при осушении сельскохозяйственных угодий. Приведенные в статье материалы могут быть использованы при проектировании дренажа.

Ключевые слова: геотекстиль, грунт, дренаж, защитно-фильтрующий материал (ЗФМ), осушительная мелиорация, фильтр

APPLICATION OF GEOTEXTILE MATERIALS IN DRYING AGRICULTURAL AREAS WITH HORIZONTAL DRAINAGE

Kazmiruk I.Ch.

BNTU, Minsk, Belarus

Annotation. The properties of soils are analyzed and recommendations for the use of protective filters for closed tubular drainage in various soil and ground conditions are given. The materials presented in the article can be used in the drainage design.

Keywords: geotextiles, soil, drainage, protective filtering material, drainage reclamation, filter

Осушительная мелиорация – важнейший фактор интенсификации сельскохозяйственного производства в гумидной зоне. Неотъемлемой ее частью является устройство горизонтального трубчатого дренажа. Эффективность и долговечность дренажа главным образом определяется качеством устройства и

надежностью работы дренажных фильтров. В недалеком прошлом основным материалом, применявшимся в качестве защитного для керамических дренажных труб, был стеклохолст.

В 2011 году АО «Ивотстекло» РФ свернуло выпуск холста стекловолокнистого марки ВВ-М из-за малых объемов продаж и нерентабельности его производства, поставив в известность РУП «Институт мелиорации» г. Минск. Институт начал исследования потенциально пригодных для защиты дренажа от заиливания геотекстильных материалов. Геотекстиль ООО «Гронема», ОАО «ПИНЕМА», ОАО «СветлогорскХимволокно», а так же «DuPont» применялись на керамическом дренаже до 2014 года. В 2014 году Витебский комбинат ОАО «Керамика» прекратил выпуск керамических дренажных труб из-за долгов строительных организаций перед комбинатом. Исходя расчета 400 м дренажных труб на 1 га осушаемой площади, стоимость устройства дренажа из керамических труб составит ≈ 1 тыс. \$, что значительно дешевле дренажа из пластмассовых труб – ≈ 5 тыс. \$. Но устройство дрен, а особенно коллекторов большого диаметра, является весьма трудоемким процессом, требующим значительных затрат ручного труда. Применяемый ранее холст стекловолокнистый, особенно выпускавшийся в 60-70 годах прошлого столетия, обладал рядом недостатков: повышенная ломкость минеральных волокон диаметром 3-15 мкм приводила к образованию острых и тонких обломков которых легко проникали в одежду, в кожу, вызывая зуд. Вдыхание воздуха вызвало длительное раздражение легких, поскольку стеклоподобные волокна выходят очень медленно из легких. Опасным является также попадание волокон в глаза. Для профилактики этих явлений работа со стеклохолстом должна была проводиться в плотной спецодежде, не оставляющей открытых участков тела, брезентовых рукавицах, защитных очках и респираторе. Ранее указанные средства защиты были в недостаточном количестве и рабочие подвергали себя опасности. Кроме того, по своим техническим характеристикам он оказался нетехнологичным для защиты пластмассовых дренажных труб. Прочность холста стекловолокнистого марки ВВ-М составляет 4 Н, что не соответствует требованиям СТБ 1980-2009 «Полотно нетканое мелиоративное. Технические условия» – не менее 50 Н.

Потребовался поиск новых фильтрующих материалов. Наиболее перспективными оказались геотекстильные материалы. Но внедрение дренажа с геотекстильными фильтрами в практику мелиоративного, гидротехнического и другие области строительства задерживалось из-за недостаточной изученности целого ряда специфических вопросов. Все это потребовало проведения комплексных исследований геотекстильных материалов в различных почвенно-грунтовых условиях.

Защита дренажных труб является важной составляющей осушительной мелиорации, поскольку от правильно подобранного фильтра и его характеристик зависит работоспособность мелиоративной системы в целом. Для проектирования дренажа с тем или иным ЗФМ должны учитываться физико-механические и фильтрационные характеристики материалов, почвенно-грунтовые условия мест строительства и гидрогеологический режим подземных вод.

При правильно подобранном фильтре дренируемая вода, просачиваясь через поры почвы в дренажные трубы, вымывает только мелкие частицы грунта, диаметр которых менее 0,03-0,05 мм. Такие частицы не вызывают заиливания дренажных труб, поскольку транспортирующая скорость дренажной воды выше скорости выпадения этих частиц в осадок. Для пылеватых частиц, диаметром 0,005-0,05 мм она составляет 0,1-0,18, а для глинистых – 0,25-0,35 м/с [1]. После вымывания мелких частиц соединительная структура крупных частиц прилегает к фильтрующему материалу и образуется естественный фильтр, который последовательно уменьшает вымывание, вплоть до его полного прекращения. Пропускная способность такой системы высокая, а сама конструкция – долговечная. Дренажная система начинает работать по принципу «обратного фильтра», что увеличивает водопримную способность дрен. Фильтрующий материал в процессе эксплуатации подвержен различным видам кольматации. По механизму действия различают кольматацию биологическую, механическую и химическую. По месту расположения может происходить кольматация защитных фильтров, водопримных отверстий дренажных труб (заохривание), сводообразующей придренированной области осушаемого грунта или грунта обсыпки дрен. Кольматация водопримных отверстий является результатом отложения на них карбонатов и гидроксидов железа. В результате контакта дренажной воды с кислородом воздуха происходит окисление ионов железа до Fe_2O_3 и $Fe(OH)_2$ и выпадение в осадок. Присутствие в воде катионов кальция и магния, нарушение углекислотного равновесия приводят к образованию труднорастворимых соединений $CaCO_3$ и $MgCO_3$.

Причиной уменьшения эффективности осушительной способности дренажа может являться его заиливание, т.е. частичная или полная закупорка полости трубы минеральными частицами грунта. Факторами, обуславливающими заиливание дренажа являются: большие градиенты потока вблизи дрен, отсутствие либо механическое повреждение фильтров, чаще до укладки, или неправильный их подбор, окислительные процессы при аэрации дренируемой воды с высоким содержанием катионов кальция и магния, ионов железа, деятельность железобактерий, низкое качество выполнения строительных работ.

Горизонтальный трубчатый дренаж будет длительно функционировать в нормальном режиме только в том случае, если материал фильтра долговечен, а его параметры соответствуют механическому составу осушаемого грунта и условиям фильтрации. После завершения деформационных процессов в фильтрах и частичной их кольматации снижение коэффициента фильтрации фильтра должно быть не более 50 % от первоначального. Принятый в СТБ 1980-2009 [2] коэффициент фильтрации нового полотна 45 м/сут. является обоснованным, поскольку исследованиями А.И. Мурашко [3] установлена минимальная величина коэффициента фильтрации дренажного фильтра – 20-25 м/сут. Параметры ЗФМ определяются путем проведения полевых и лабораторных исследований.

При проектировании защитных мероприятий и выборе материала фильтра должны быть известны уровни грунтовых вод на период строительства для наиболее характерных участков мелиоративной системы. Для минеральных грунтов должен быть определен гранулометрический состав, связность, пори-

стость, объемный вес и фильтрационные свойства. Для торфяных грунтов – степень разложения, ботанический состав, зольность. Кроме того, необходимо знать пористость, объемный и удельный вес твердого вещества.

Влияние защитных фильтров на водопримную способность дренажа обуславливается конструктивными параметрами дренажных труб (скважностью, которая характеризуется размерами, расположением и количеством водопримных отверстий на единицу длины). При прочих равных условиях, чем больше размеры водопримных отверстий и чем чаще они расположены вдоль образующей и по периметру, тем больше приток воды к дрене при отсутствии фильтра и меньше относительное увеличение притока под влиянием фильтра. Но при максимальной скважности труб на первый план выходит водоотдача грунта и его коэффициент фильтрации. Грунт не сможет отдать столько воды, сколько сможет принять труба, т.е. увеличение скважности должно быть обосновано согласно исследованиям А.И. Мурашко, Ф.В. Серебренникова «Результаты определения рациональной скважности дренажных труб в лабораторных условиях» рекомендуемая скважность находится в пределах 15-38 см² на каждый метр пластмассовой гофрированной трубы [3].

Наименьшей водопримной способностью обладают керамические трубы, принимающие воду только через стыковые зазоры либо через фильтрующие муфты. Применявшиеся ранее на керамических трубах фильтрующие муфты значительно увеличивали водопримную способность дрен, но в настоящее время они не выпускаются. Площадь водопримной поверхности керамического дренажа, уложенного без сплошного фильтра, относительно мала; с увеличением ширины стыковых зазоров она возрастает незначительно. Опытами установлено, что с увеличением зазоров между трубками $D_{вн}=50$ мм с 0,25 до 3 мм дренажный сток при отсутствии фильтра увеличивается на 90%. При наличии фильтров сток возрастает в 2...3 раза и более [3].

Несмотря на то, что керамика является гидрофильным, т.е. смачиваемым материалом, а трубы их полиэтилена – гидрофобные, осушительный эффект пластмассовых дрен в 2-10 раз больше, чем керамических, а влияние фильтра меньше [3]. Так, при площади перфорации $F=4$ см²/м увеличение притока воды в дрину под влиянием фильтра составило 90%, при $F=12$ см²/м – 36% и при $F=28$ см²/м – только 12% [3]. Поскольку коэффициент истечения для маловязкой жидкости, к которой относится и вода, практически не зависит от формы отверстия (круглое, прямоугольное) в Республике выпускают трубы с прямоугольными отверстиями.

Обусловлено это тем, что чем больше площадь перфорации на единицу длины трубы, тем меньше входные сопротивления в перфорационных отверстиях при отсутствии фильтра, который уже не может существенно их уменьшить и значительно повлиять на величину стока.

Пластмассовые трубы начали применяться на дренаже, начиная с 1960-х годов, постепенно совершенствуя конструкцию. Так, выпускавшиеся в 80-е годы прошлого века пластмассовые трубы значительно отличались от современных. Они были гладкие, имели относительно небольшой диаметр 20, 25, 32, 40 мм и значительную толщину стенки (до 6 мм). При укладке такие трубы бы-

ли очень чувствительны к микропросадкам грунта, они проседали вместе с грунтом, образуя порой участки с обратным уклоном, а в период отсутствия стока на дренажной линии – воздушные карманы. Эффективность труб была весьма низкой и пластмассовый дренаж в те годы значительно уступал керамическому. Современные пластмассовые гофрированные дренажные трубы имеют 6 рядов перфорационных отверстий 5x10(20) мм в зависимости от диаметра трубы, с площадью водоприемных отверстий от 20 до 30 см²/м. Диаметры дренажных труб 63, 90, 110, 125, 160, 200 мм, т.е. диаметр их значительно увеличился, что позволяет им быть менее чувствительным к микропросадкам грунта. Толщина стенки современных труб от 0,8 до 1,5 мм в зависимости от диаметра. Пластмассовые дренажные трубы должны соответствовать СТБ 2119-2010 [4] в первую очередь, по размерам водоприемных отверстий и кольцевой жесткости. Защитные фильтры дренажных труб должны соответствовать СТБ 1980-2009 [2].

Толщина фильтра, водопроницаемость которого намного превышает водопроницаемость грунта, незначительно влияет на изменение водоприемной способности дренажа, т.к. даже при очень малой толщине скорость фильтрации в фильтре при одинаковых градиентах намного выше. С учетом этого не подтверждается целесообразность применения объемных фильтров на грунтах с высоким коэффициентом фильтрации.

Способность фильтров повышать водоприемную способность дрен позволяет увеличить расстояние между ними, тем самым снижая метраж дренажных труб на 1 га осушаемых сельскохозяйственных земель. Во всех без исключения случаях фильтр необходим; при применении сплошной схемы укладки уменьшается градиент напора при поступлении воды в дренаж.

Диаметр фильтрационного хода фильтра можно принять равным:

$$D_{cp} \approx 0,035 \text{ мм}, D_{max} \approx 0,15 \text{ мм}.$$

Диаметр фильтрационного хода в защитном материале под нагрузкой определяют по формуле [5]:

$$D_o = 0.023 \sqrt{\frac{K_m}{M_m * J_r}},$$

где: M_m – пористость материала при данной нагрузке;

K_m – коэффициент фильтрации при этой нагрузке, м/сут.;

J_r – коэффициент, учитывающий структуру материала, форму отдельных элементов, их шероховатость и разбухаемость.

Осушаемые грунты по составу можно разделить на органические (торф) и минеральные (песок, супесь, суглинок); по водопроницаемости на водопроницаемые и слабопроницаемые, к последним относят суглинок и торф с высокой степенью разложения. Следует отметить, что при преимущественно атмосферном водном питании происходит переувлажнение сельскохозяйственных культур за счет застоя атмосферных осадков на поверхности слабопроницаемых грунтов.

проницаемых грунтов (суглинков) из-за медленной инфильтрации в нижележащие слои грунта и затруднения поверхностного стока, вызванного неровностями рельефа. Уровни грунтовых вод на таких участках расположены на 5-15 м и глубже от поверхности. Дрены отводят избыточную влагу от корнеобитаемого слоя сельскохозяйственных растений лишь периодически, т.е. имеет место циклическая работа мелиоративной системы, когда дренажный сток появляется через 1-3 дня (в зависимости от коэффициента фильтрации грунта закладки дрен и вышележащих слоев) после выпадения существенных осадков. В то время как на торфяно-болотных почвах с преимущественно грунтовым водным питанием дренажный сток наблюдается в течение года. Уровни грунтовых вод на неосушенной болотной территории расположены близко от поверхности (0,2 м и менее), а на пониженных элементах рельефа имеет место слой затопления.

Засыпка дренажных траншей в слабоводопроницаемых грунтах

Коэффициент фильтрации грунта пахотного слоя в зависимости от его уплотнения равен $0,0005 \div 0,02$ см/сек, при этом нижний предел характеризует пахотный слой с большой дисперсностью. В слабоводопроницаемых грунтах дренажные траншеи нужно засыпать хорошо фильтрующим материалом для создания гидравлической связи между дренажной и подошвой пахотного горизонта. Для засыпок может быть использован оструктуренный грунт пахотного слоя, песок крупный, песчано-гравийные смеси и различные синтетические материалы, коэффициент фильтрации которых значительно превышает коэффициент фильтрации осушаемого грунта. Следует учитывать, что пахотный слой обладает естественным высоким коэффициентом фильтрации. Непосредственно дрены присыпают слоем растительного грунта 20-25 см или слоем песка 10-15 см. Окончательную засыпку производят подсушенным перемешанным грунтом, к глинистому или суглинистому грунту добавляют 25÷30% грунта пахотного слоя, если не используются засыпки из хорошо фильтрующих материалов с коэффициентом фильтрации не менее 5 м/сут. Для обсыпки дрен в слабоводопроницаемых грунтах рекомендуют пески, песчано-гравийные смеси, шлак и другие недеформируемые материалы. При дефиците этих материалов либо хорошей водоотдаче осушаемого грунта устраивают пунктирную засыпку.

Гумусированный грунт пахотного слоя состоит из отдельных комочков (агрегатов) величиной 0,5÷45 мм, за счет чего в нем всегда обеспечивается необходимое наличие сводообразующих частиц для создания естественного обратного фильтра вокруг дренажной трубы после выноса из придренной зоны мелких частиц грунта.

Водопроницаемость засыпки дренажных траншей на слабоводопроницаемых почвогрунтах должна удовлетворять следующим условиям:

- сохранять коэффициент фильтрации на уровне не менее 5 м/сут. в течение нормативного срока эксплуатации с учетом прогнозной кольматации;
- обеспечивать незаиляемость дренажных труб;
- иметь наименьшую стоимость в сравнительных вариантах.

Наиболее подробно подбор фильтров дрен приведен в Рекомендациях [6]. Ниже даны краткие сведения по подбору фильтров дренажных труб в различных условиях дренирования.

Подбор фильтров дрен в слабоводопроницаемых грунтах

Для осушения слабоводопроницаемых грунтов следует применять объемный дренажный фильтр, увеличивающий площадь контакта с осушаемым грунтом и повышающий водоприемную способность дрен. Объемный дренажный фильтр может устраиваться из структурных (кокосовый фильтр) и неструктурных материалов (объемные засыпки траншеи, присыпка дрен хорошо фильтрующим материалом с коэффициент фильтрации не менее 5 м/сут.). Поскольку вода в дрени поступает в нижней ее части, то эффективно укладывать дренажные трубы на подготовку из песка или ПГС слоем 5-10 см (при наличии технической возможности).

Защита дренажа от заиления в пылеватых грунтах

В качестве критерия для определения опасности пылеватых грунтов (супесей, легких и средних суглинков) служит число пластичности W_p (разность между влажностью верхнего и нижнего предела пластичности). Глинистые грунты, в зависимости от числа пластичности, подразделяются на следующие виды: супесь $1 < W_p < 7$, суглинок $7 < W_p < 17$, глина $W_p > 17$. Пылеватый грунт с $W_p = 7$ и более можно отнести к малоопасным в отношении заиления дрен. В грунтах с меньшим показателем пластичности необходима защита стыков и водоприемных отверстий по всему периметру труб с присыпкой. В пылеватых грунтах рекомендована защита гончарных и пластмассовых труб геотекстильными материалами.

Подбор структурных фильтров в супесях и пылеватых суглинках

Супеси по механическому составу характеризуются следующим распределением фракций – незначительное количество зерен, крупнее 1 мм, содержание частиц от 1 до 0,25 – не более 7%; от 0,25 до 0,05 – более 30% и частиц от 0,05 до 0,01 – не менее 16% по весу. Пылеватые суглинки содержат частицы меньше 0,01 мм не более 42%.

Для уменьшения степени кольматации фильтра и улучшения условий приточности воды к дренам присыпку дренажных труб необходимо осуществлять растительным грунтом или песком, который обладает значительно большей водопроницаемостью, чем супеси и пылеватые суглинки. Рекомендованный материал для защиты дренажных труб в супесях и пылеватых суглинках – геотекстиль.

Защита от заиления дренажа в торфяных грунтах

При устройстве закрытого дренажа в торфяных грунтах опасность заиления зависит от ряда факторов, определяющих связность торфа: его ботанического состава, степени разложения и увлажнения в начальный период времени (время строительства дренажных линий). Хорошо разложившийся торф при

значительном насыщении водой теряет связность, становится текучим и превращается в аморфный. Если это происходит в период строительства, когда слой первичной присыпки, находясь в рыхлом состоянии, насыщается водой, то избыточно переувлажненный грунт кольматирует водоприемные отверстия в дренажных трубах или защитные фильтры. После засыпки траншей уплотнение торфа происходит не сразу, фильтрационная прочность торфа в первый период небольшая и опасность кольматации отверстий в трубах довольно высокая.

Назначение защитных фильтров в торфяных грунтах заключается в предотвращении закупорки водоприемных отверстий пластмассовых труб или стыковых зазоров керамических труб.

Подбор защитных фильтров в торфяных грунтах

Торфяные грунты характеризуются чрезвычайным разнообразием, что следует учитывать при подборе фильтра. Участки дренажных линий, пересекающие торф с высокой степенью разложения должны дренироваться аналогично слабоводопроницаемым грунтам. На данных участках рекомендуется устраивать объемный фильтр. Во всех остальных случаях применяют фильтры из геотекстиля.

Дополнительные мероприятия, обеспечивающие предотвращение заиливания дренажа

Помимо непосредственных способов защиты дренажа от заиливания, необходимо осуществлять и другие мероприятия, предохраняющие дренаж от заиливания и выхода из строя. Это, в первую очередь, качество строительства, учитывающее требования по укладке дренажных труб [7]. В некоторых случаях из-за низкого качества выполняемых работ дренаж довольно быстро заиливался. Основная причина заиливания в данном случае – некачественный стык при подключении дрены к коллектору.

В РУП «Институт мелиорации» с 2006 года ведутся исследования применения геотекстильных материалов на дренаже в качестве ЗФМ. На основе лабораторных и полевых испытаний даны рекомендации по подбору фильтров дрен (таблица 1).

Выводы

Охарактеризованы причины, обуславливающие неудовлетворительный водный режим мелиорируемых земель, влияющие на снижение эффективности осушительного действия дренажа. Сформулированы критерии подбора фильтров в различных почвенно-грунтовых условиях. Даны рекомендации по подбору фильтров дрен.

Таблица 1 – Марки материалов, рекомендуемых в качестве фильтра дрен в условиях РБ [8]

Материал	Завод-изготовитель	Марка материала	Почвенно-грунтовые условия применения
Нетканый термоскрепленный геотекстиль из полипропиленовых волокон	DuPont, США	Турар SF20*	Торфяные, суглинистые
		Турар SF27*	Песчаные, торфяные, суглинистые
		Турар SF32*	Песчаные, торфяные
Полотно иглопробивное каландрированное из полиэфирных волокон	ООО «Гронема»	ПНМ ПЭВ-И-125-С	Песчаные, торфяные, суглинистые
		ПНМ ПЭВ-И-150-С	Песчаные, торфяные, суглинистые
Полотно нетканое из полипропиленовых волокон	ОАО «ПИНЕМА»	ПНМ ППВ-И-130*	Песчаные
		ПНМ ППВ-И-150	Не рекомендуется
		ПНМ ППВ-Т-150*	Песчаные, торфяные, суглинистые
		ПНМ ППВ Т-150	Песчаные, торфяные, суглинистые
Нетканый материал из полипропиленовых волокон	ОАО «Светлогорск-Химволокно»	АкваСпан-Ф-И-90*	Песчаные, мелкозалежные торфяники
		АкваСпан-Ф-И-120*	Песчаные, мелкозалежные торфяники
Фильтр из кокосового волокна	Naue, Германия	Кокосовый фильтр	Суглинистые

Список использованных источников

1. Меламут, Д.Л. Гидромеханизация в мелиоративном и водохозяйственном строительстве. / Д.Л. Меламут, – М., 1981. – С. 89.
2. Полотно нетканое мелиоративное. Технические условия. СТБ 1980-2009 – Минск, 2010. – 14 с.
3. Мурашко, А. И. Горизонтальный пластмассовый дренаж / А. И. Мурашко – Минск: Ураджай, 1973.
4. Трубы полиэтиленовые гофрированные дренажные. СТБ 2119-2010 – Минск, 2010. – 13 с.
5. Абрамов, С.К. Методы подбора и расчета фильтров буровых скважин. Фильтры водозаборных скважин / С.К. Абрамов. – М. : Госстройиздат, 1952.
6. Митрахович, А.И. Рекомендации по применению полимерных материалов для защиты дренажа от заиления в различных почвенно-грунтовых условиях / А.И. Митрахович, И.Ч. Казьмирук – Минск, 2019. – 68 с.
7. Реконструкция осушительных систем. Правила проектирования. ТКП 45-3.04-177-2009 (02250) – Минск, 2009.
8. Казьмирук И.Ч. Обоснование параметров дренажных фильтров для мелиоративных систем : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / И.Ч. Казьмирук ; РУП «Институт мелиорации». – Минск, 2016. – 24 с.

References

1. Melamut, D. L. hydro-Mechanization in land reclamation and water management construction. / D. L. Melamut, - M., 1981. - P. 89.
2. Non-woven reclamation Cloth. Technical conditions. STB 1980-2009-Minsk, 2010. - 14 p.
3. Murashko, A. I. Horizontal plastic drainage / A. I. Murashko-Minsk: Urajay, 1973.
4. Polyethylene corrugated drainage Pipes. STB 2119-2010-Minsk, 2010. - 13 p.

5. Abramov, S. K. Methods of selection and calculation of filters of drilling wells. Filters of water intake wells / S. K. Abramov. - M.: Gosstroyizdat, 1952.
6. Mitrakhovich, A. I. Recommendations for the use of polymer materials to protect drainage from silting in various soil and ground conditions / A. I. Mitrakhovich, I. CH. Kazmiruk-Minsk, 2019. - 68 p.
7. Reconstruction of drainage systems. The rules of design. ТСН 45-3. 04-177-2009 (02250) - Minsk, 2009.
8. Kazmiruk I. CH. Justification of parameters of drainage filters for reclamation systems: autoref. Abstract of dissertation for the degree of candidate of science: 06.01.02 / I. CH. Kazmiruk; RUE "Institute of melioration". - Minsk, 2016. - 24 p.

УДК 631.6; 631.4; 536.7

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.92.75.013

ОЦЕНКА МЕЛИОРАТИВНОЙ НАГРУЗКИ НА АГРОЛАНДШАФТ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЕЕ СНИЖЕНИЯ

¹Кирейчева Л.В., ²Карпенко Н.П.

¹ ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия;

²ФГ БО ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

***Аннотация.** Выполнена оценка составляющих суммарной антропогенной нагрузки на агроландшафт в условиях производства сельскохозяйственной продукции без применения оросительных мелиораций и при орошении предельно-допустимыми и экологически обоснованными нормами, которая показала, что при проведении гидромелиораций (при предельно допустимых оросительных нормах) происходит изменение величины внутренней энергии почвенной системы по сравнению с неорошаемыми землями: в дерново-подзолистых почвах с $35,81 \cdot 10^2$ до $77,41 \cdot 10^2$ ГДж/га; в серых лесных почвах - с $48,96 \cdot 10^2$ до $89,98 \cdot 10^2$ ГДж/га; в черноземах обыкновенных - с $79,41 \cdot 10^2$ до $122,87 \cdot 10^2$ ГДж/га; в каштановых почвах – с $118,22 \cdot 10^2$ до $161,66 \cdot 10^2$ ГДж/га; в бурых полупустынных почвах – с $145,07 \cdot 10^2$ до $182,32 \cdot 10^2$ ГДж/га; в сероземах - со $194,34 \cdot 10^2$ до $213,92 \cdot 10^2$ ГДж/га. Выявлено, что энергетические нагрузки при предельно допустимых оросительных нормах почти в 3 раза выше, чем при экологически благоприятных нормах, что обеспечивает устойчивость агроландшафта к проявлению деградационных процессов.*

***Ключевые слова:** агроландшафт, почва, энергетические составляющие, оросительная норма, мелиоративная нагрузка*

ESTIMATION OF THE LAND RECLAMATION INFLUENCE ON THE AGRICULTURAL LANDSCAPE AND MAIN CONSERVATION MEASURES

¹Kireicheva L. V., ²Karpenko N. P.

¹ All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

²Russian State Agrarian University- Timiryazev Moscow state agricultural University, Moscow, Russia

***Abstract.** Estimation of the some energy components of the anthropogenic influence on the agricultural landscape causing by agricultural activity both without irrigation and under irrigation by application maximum permissible and environmentally grounded irrigation rates was carried*

out. The results of the research showed that in the case of the maximum permissible irrigation rate application the internal energy of the soil system changes in comparison with non-irrigated lands as follows: in sod - podzolic soils - from 35.81·10² to 77.41·10² GJ/ha; in gray forest soils – from 48.96·10² to 89.98·10² GJ/ha; in ordinary chernozems - from 79.41·10² to 122.87·10² GJ/ha; in chestnut soils - from 118.22·10² to 161.66·10² GJ/ha; in brown semi-desert soils – from 145.07·10² to 182.32·10² GJ/ha; in gray soils -from 194.34·10² to 213.92·10² GJ/ha. It was determined that land reclamation influence in energy unites was almost 3 times higher at the maximum permissible irrigation rates application in comparison to environmentally grounded ones, which guarantee the agricultural landscape sustainability and counteraction to degradation.

Keywords: agricultural landscape, soil, energy components, irrigation rate, reclamation load

Введение

Решение проблемы продовольственной безопасности России и повышение экспорта растениеводческой продукции требует развития сельскохозяйственных мелиораций, обеспечивающих эффективное использование природно-климатических ресурсов в различных зонах страны. Методологической основой инновационных мелиоративных технологий и систем мелиорации является формирование продуктивного и устойчивого мелиорированного агроландшафта с минимизацией мелиоративных нагрузок, что позволит сохранить установившееся соотношение энергетических потоков в агроландшафте и предупредить развитие деградационных процессов.

В процессе мелиоративной деятельности происходит трансформация природной среды: гидромелиорация существенно влияет на водный баланс территории за счет ее обводнения или осушения; культуртехнические мелиорации меняют облик ландшафта при сведении лесной и кустарниковой растительности и приводят к формированию нового почвообразовательного процесса; химические мелиорации изменяют водно-физические и агрохимические свойства почвенного покрова, обеспечивая более высокую продуктивность почв; биологические мелиорации, являясь более безопасным для окружающей среды, мягко воздействуют на улучшение климатических и почвенных показателей. Однако, при всех видах проведения мелиорации в той или иной степени меняется вещественно-энергетический баланс территории и увеличивается нагрузка на природный ландшафт.

Цель исследования – оценка мелиоративных нагрузок на агроландшафт при проведении гидромелиораций и разработка мероприятий по их снижению.

Методика исследований. Увеличение продуктивности земель при проведении гидромелиорации связано с более эффективным использованием солнечной энергии при оптимальном регулировании водно-воздушного, теплового и пищевого режима почвы. С тепловой энергией Солнца связаны биологические процессы, физическое и химическое выветривание, гумусообразование, испарение и транспирация, теплообмен в системе почва-атмосфера и др. В этой связи Б.Г. Розанов предложил применить термодинамическое уравнение для открытой системы «почва-растение-атмосфера» [1, 2]:

$$dU = dQ - dW + dU_{\text{вещ}} \quad (1)$$

где: dU - изменение внутренней энергии системы; dQ - поступление энергии в систему; dW - работа, производимая этой системой; $dU_{\text{вещ}}$ - поступление энергии в систему в процессе массообмена.

Гидромелиорация, осуществляющая регулирование водно-воздушного режима почвы, обеспечивает поступление дополнительной энергии в систему, следовательно, увеличивает и затраты энергии, в том числе, на испарение и транспирацию, что приводит к увеличению нагрузки на агроландшафт.

При мелиоративных нагрузках в агроландшафте структура составляющих изменений внутренней энергии системы выглядит следующим образом:

$$\Delta U_m = (R_m + H_{2M}) - (Q_{II}^m + БЭП_z^m + БЭП_\phi^m) \quad (2)$$

где: ΔU_m – изменение внутренней энергии почв при проведении комплексной мелиорации, ГДж/га; R_m - радиационный баланс на поверхности почвы при комплексной мелиорации, ГДж/га; H_{2M} - энергия мелиоративной нагрузки, ГДж/га; Q_{II}^m – энергия почвообразования почв при проведении мелиорации, ГДж/га (В.Р.Волобуев, 1974); $БЭП_z^m$ - энергия, аккумулированная в почвенном гумусе при, ГДж/га; $БЭП_\phi^m$ - аккумулированная энергия в продукции фитомассы при проведении мелиорации, ГДж/га [3].

Структура составляющих антропогенной нагрузки, включая гидромелиоративную нагрузку, может быть представлена следующим образом:

$$H_A = H_{2M} + H_{\text{сх техн}} + H_{\text{сем}} + H_{\text{удобр}} + H_{\text{ях}} + H_{\text{др}} \quad (3)$$

где: H_A – энергия антропогенной нагрузки, ГДж/га; H_{2M} - гидромелиоративная нагрузка (энергия, связанная с подачей воды в почву при орошении или осушении), ГДж/га; $H_{\text{сх техн}}$ - энергия, поступающая в почву за счет движения сельскохозяйственной техники, ГДж/га; $H_{\text{сем}}$ - энергия, поступающая в почву за счет семян; $H_{\text{удобр}}$ - энергия поступления в почву с органическими и минеральными удобрениями, ГДж/га; $H_{\text{ях}}$ - энергия, вносимая в почву с ядохимикатами, ГДж/га; $H_{\text{др}}$ - другие виды нагрузки на почву (поступление в почву загрязнителей, незапланированные аварийные выбросы в атмосферу и попадание их в почву, поступление различных энергетических потоков при возможном изменении климата и т.д.), ГДж/га.

Антропогенная нагрузка на агроландшафт имеет двойственный характер. С одной стороны, она носит положительный характер, так как основная цель мелиорации – это создание благоприятного водно-солевого и питательного режима почв и формирование устойчивой агроэкосистемы с оптимальными условиями для развития и роста растений. С другой стороны, избыточные агротехнические и гидромелиоративные нагрузки могут привести к негативным последствиям (разрушению почвенных агрегатов, переуплотнению почвы, подъему

уровня грунтовых вод, подтоплению, засолению и т.д.) и носят ярко выраженный отрицательный характер. Установлено, что существуют допустимые пределы антропогенной нагрузки на агрогеосистемы, границы их устойчивости, превышение которых приводит к переводу ландшафта из равновесного в неустойчивое состояние. Среди всех составляющих суммарной антропогенной нагрузки на агроландшафты наиболее значима величина гидромелиоративной нагрузки.

Результаты и обсуждение

Выполнена оценка изменения составляющих суммарной антропогенной нагрузки на агроландшафт по формулам (2-3) для различных типов почв при следующих сценариях:

- на сельскохозяйственных землях без проведения гидромелиоративных мероприятий (орошения);
- при экологически благоприятных оросительных нормах;
- при предельно-допустимых оросительных нормах.

В таблице 1 приведены показатели составляющих энергетического баланса на не орошаемых сельскохозяйственных землях. Изменение внутренней энергии почвенной системы и всех составляющих энергетического баланса закономерно увеличивается от дерново-подзолистых почв ($35,81 \cdot 10^2$ ГДж/га) к бурополупустынным ($145,07 \cdot 10^2$ ГДж/га), т.е. практически в 4 раза за счет увеличения солнечной инсоляции.

При антропогенных воздействиях в агроландшафте происходит существенное изменение структуры термодинамического баланса и его энергетических составляющих. Анализ антропогенной нагрузки на мелиорированных землях показал, что наиболее существенной является нагрузка от гидромелиоративной деятельности (таблица 2). Величина суммарной антропогенной нагрузки в зависимости от типа почв меняется от $44,93 \cdot 10^2$ (в дерново-подзолистых почвах) до $131,93 \cdot 10^2$ ГДж/га (в сероземах). Так из общей нагрузки на сельскохозяйственные земли дерново-подзолистых почв, равной $44,93 \cdot 10^2$ ГДж/га, $18,0 \cdot 10^2$ ГДж/га составляет гидромелиоративная нагрузка, а для обыкновенных черноземов мелиоративная нагрузка составляет 50% от общей антропогенной.

Орошение земель целенаправленно изменяет условия естественного увлажнения и термический режим, требующийся для повышения продуктивности почв и сохранения почвенного плодородия. Для достижения максимальной продуктивности мелиорируемых земель требуется поддержание заданной влажности в почве за счет предельно-допустимых оросительных норм полива. Анализ полученных расчетов показал, что при проведении комплексных мелиораций (при предельно допустимых оросительных нормах) происходит увеличение внутренней энергии: в дерново-подзолистых почвах с $35,81 \cdot 10^2$ до $77,41 \cdot 10^2$ ГДж/га; сероземах - с $194,34 \cdot 10^2$ до $213,92 \cdot 10^2$ ГДж/га; серых лесных почвах - с $48,96 \cdot 10^2$ до $89,98 \cdot 10^2$ ГДж/га; черноземах обыкновенных - с $79,41 \cdot 10^2$ до $122,87 \cdot 10^2$ ГДж/га; каштановых почвах - с $118,22 \cdot 10^2$ до $161,66 \cdot 10^2$ ГДж/га; бурых полупустынных почвах - с $145,07 \cdot 10^2$ до $182,32 \cdot 10^2$ ГДж/га; сероземах - со $194,34 \cdot 10^2$ до $213,92 \cdot 10^2$ ГДж/га (таблица 3).

При этом увеличиваются нагрузки на агроландшафт, что может привести к таким деградиционным процессам, как подъем уровня грунтовых вод, переувлажнение почвы и развитие ирригационной эрозии.

Для того, чтобы снизить нагрузку необходимо уменьшить оросительные нормы, но это повлечет за собой и снижение продуктивности мелиорируемых земель. Расчеты показали, что для обеспечения устойчивости агроландшафта оросительные нормы следует уменьшить на 25-30%, при этом и снизится продуктивность орошаемых земель (таблица 4). Это позволит обосновать развитие и размещение оросительных мелиораций для различных природных условий [8].

Как показали расчеты, наибольшее изменение внутренней энергии почвенной системы, а значит и большая нагрузка на агроландшафт наблюдается при предельно допустимых оросительных нормах, что в 3 раза выше, чем при экологически благоприятных (рисунок).

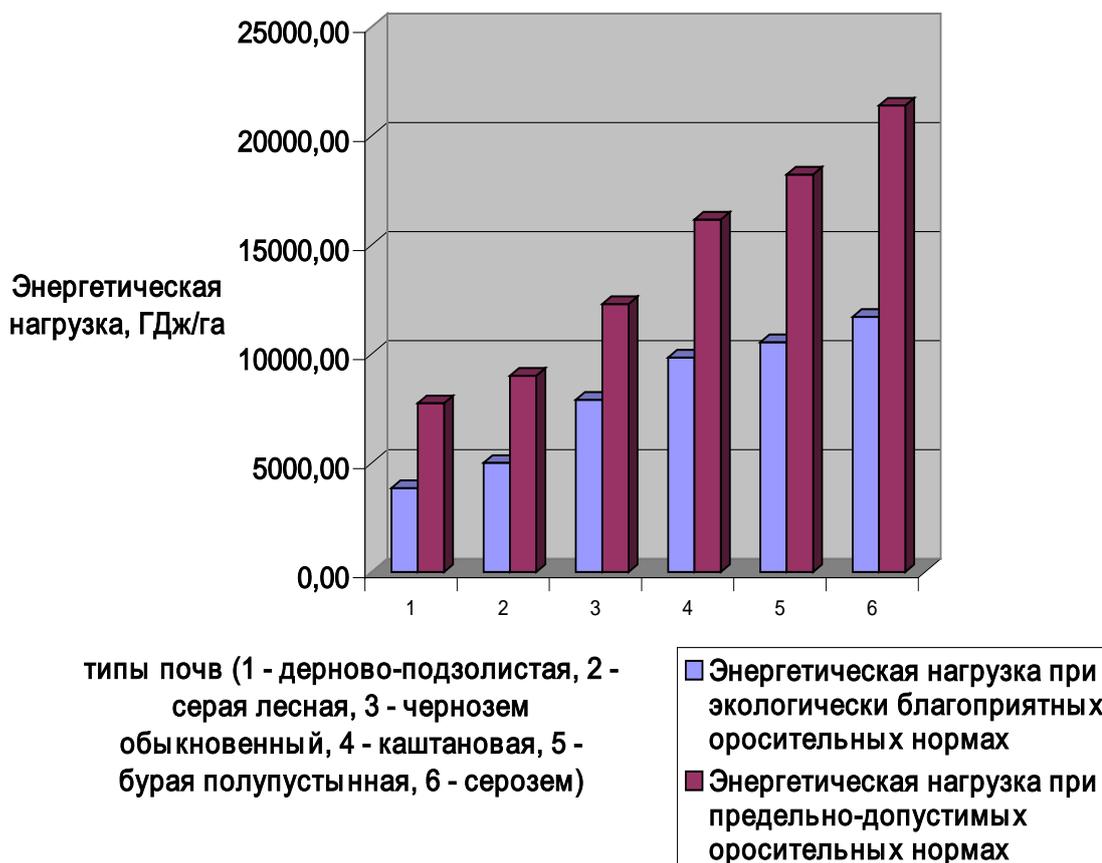


Рисунок - Изменение внутренней энергии для различных типов почв при экологически благоприятных и при предельно-допустимых оросительных нормах

Таблица 1 - Показатели составляющих изменения внутренней энергии для различных типов почв на сельскохозяйственных землях без проведения гидромелиорации

Тип почв	$\Delta U_e = R_e - (Q^e_{п} + БЭП^e_z + БЭП^e_{ф})$					
	Продукционный потенциал (P_e), тыс.к.ед/га	Радиационный баланс (R_e), ГДж/га	Энергия почвообразования ($Q^e_{п}$), ГДж/га	Биоэнергетический потенциал органического вещества ($БЭП^e_z$), ГДж/га	Энергия, аккумулированная в продукции фитомассы ($БЭП^e_{ф}$), ГДж/га	Изменение внутренней энергии почвенной системы (ΔU_e), ГДж/га
1	2	3	4	5	6	7
Дерново-подзолистая	1,5	$120 \cdot 10^2$	$84,1 \cdot 10^2$	4,9	4,03	$35,81 \cdot 10^2$
Серая лесная	2,0	$138 \cdot 10^2$	$88,9 \cdot 10^2$	9,0	5,09	$48,96 \cdot 10^2$
Чернозем обыкновенный	9,6	$176 \cdot 10^2$	$95,9 \cdot 10^2$	36,8	31,92	$79,41 \cdot 10^2$
Каштановая	4,2	$201 \cdot 10^2$	$82,4 \cdot 10^2$	16,0	21,89	$118,22 \cdot 10^2$
Бурая полупустынная	1,4	$203 \cdot 10^2$	$57,8 \cdot 10^2$	5,4	7,30	$145,07 \cdot 10^2$
Серозем	0,7	$229 \cdot 10^2$	$34,6 \cdot 10^2$	2,7	3,65	$194,34 \cdot 10^2$

Примечание: значения (P_e), (R_e), ($БЭП^e_z$), ($Q^e_{п}$), взяты из [3,4]; значения ($БЭП^e_{ф}$) взяты из [3].

Таблица 2 - Оценка составляющих и суммарной антропогенной нагрузки на агроландшафт

Типы почв	$N_A = N_{ГМ} + N_{сх техн} + N_{сем} + N_{удобр} + N_{ях} + N_{др}$					
	$N_{ГМ}$, ГДж/га	$N_{сх техн}$, ГДж/га	$N_{удобр}$, (азотные, фосфор- ные, калийные, комплексные при дозе 10 т/га), ГДж/га	$N_{сем}$, ГДж/га (озимая пшеница)	$N_{ях}$, (гербициды, инсектици- ды, фунгициды по сме- шивающим маслам для 1 т/га), ГДж/га	N_A , ГДж/га
Дерново-подзоли- стая	$18,0 \cdot 10^2$	$0,1 \cdot 10^2$	$15,92 \cdot 10^2$	$0,34 \cdot 10^2$	$10,57 \cdot 10^2$	$44,93 \cdot 10^2$
Серая лесная	$19,5 \cdot 10^2$	$0,1 \cdot 10^2$	$15,92 \cdot 10^2$	$0,34 \cdot 10^2$	$10,57 \cdot 10^2$	$46,43 \cdot 10^2$
Чернозем обыкно- венный	$25,5 \cdot 10^2$	$0,1 \cdot 10^2$	$15,92 \cdot 10^2$	$0,34 \cdot 10^2$	$10,57 \cdot 10^2$	$52,43 \cdot 10^2$
Каштановая	$54,4 \cdot 10^2$	$0,1 \cdot 10^2$	$15,92 \cdot 10^2$	$0,34 \cdot 10^2$	$10,57 \cdot 10^2$	$81,33 \cdot 10^2$
Бурая полупус- тынная	$75,0 \cdot 10^2$	$0,1 \cdot 10^2$	$15,92 \cdot 10^2$	$0,34 \cdot 10^2$	$10,57 \cdot 10^2$	$101,93 \cdot 10^2$
Серозем	$105,0 \cdot 10^2$	$0,1 \cdot 10^2$	$15,92 \cdot 10^2$	$0,34 \cdot 10^2$	$10,57 \cdot 10^2$	$131,93 \cdot 10^2$

Примечание: значения $N_{сх техн}$ взяты из [5], значения $N_{удобр}$, $N_{сем}$, $N_{ях}$, взяты из [6]; $N_{ГМ}$ взяты из [7],

Таблица 3 - Показатели составляющих изменения внутренней энергии для различных типов почв при предельно-допустимых оросительных нормах

Тип почв	$\Delta U_m^{Iор} = (R_m + H_A) - (Q_{II}^m + БЭП^m_z + БЭП^m_\phi)$							
	Продукционный потенциал Р, тыс. к.ед/га	Предельно-допустимая оросительная норма Ор, мм	R_m , ГДж/га	H_A , ГДж/га	Q_{II}^m , ГДж/га	$БЭП^m_z$, ГДж/га	$БЭП^m_\phi$, ГДж/га	$(\Delta U_m^{Iор})$, ГДж/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дерново-подзолистая	7,7	300	$112 \cdot 10^2$	$44,93 \cdot 10^2$	$78,9 \cdot 10^2$	29,4	32,9	$77,41 \cdot 10^2$
Серая лесная	8,3	450	$130 \cdot 10^2$	$46,43 \cdot 10^2$	$85,8 \cdot 10^2$	31,7	33,3	$89,98 \cdot 10^2$
Чернозем обыкновенный	12,8	750	$181 \cdot 10^2$	$52,43 \cdot 10^2$	$109,6 \cdot 10^2$	49,0	47,0	$122,87 \cdot 10^2$
Каштановая	10,2	1300	$212 \cdot 10^2$	$81,33 \cdot 10^2$	$130,9 \cdot 10^2$	38,6	43,7	$161,61 \cdot 10^2$
Бурая полупустынная	7,3	1800	$220 \cdot 10^2$	$101,93 \cdot 10^2$	$138,9 \cdot 10^2$	28,6	43,2	$182,31 \cdot 10^2$
Серозем	5,2	2100	$242 \cdot 10^2$	$131,93 \cdot 10^2$	$159,5 \cdot 10^2$	20,0	30,8	$213,92 \cdot 10^2$

Таблица 4 - Показатели составляющих изменения внутренней энергии для различных типов почв при экологически благоприятных оросительных нормах

Тип почв	$\Delta U_m = (R_m + H_A) - (Q_{II}^m + БЭП^m_{\Sigma} + БЭП^m_{\phi})$							
	Продукционный потенциал после гидромелиорации (P_m), т к.ед./га	Экологически благоприятная оросительная норма (Op), мм	Радиационный баланс после гидромелиорации (R_m), ГДж/га	Величина гидромелиоративной нагрузки (H_A), ГДж/га	Энергия почвообразования после гидромелиорации (Q_{II}^m), ГДж/га	Биоэнергетический потенциал органического вещества после гидромелиорации ($БЭП^m_{\Sigma}$), ГДж/га	Энергия, аккумулированная в продукции фитомассы, после гидромелиорации ($БЭП^m_{\phi}$), ГДж/га	Изменение внутренней энергии почв ($\Delta U_m^{ЭOp}$), ГДж/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дерново-подзолистая	6,0	80	$112 \cdot 10^2$	$6,0 \cdot 10^2$	$78,9 \cdot 10^2$	29,4	32,9	$38,48 \cdot 10^2$
Серая лесная	6,7	100	$130 \cdot 10^2$	$6,5 \cdot 10^2$	$85,8 \cdot 10^2$	31,7	33,3	$50,05 \cdot 10^2$
Чернозем обыкновенный	10,0	200	$181 \cdot 10^2$	$8,5 \cdot 10^2$	$109,6 \cdot 10^2$	49,0	47,0	$78,94 \cdot 10^2$
Каштановая	8,2	300	$212 \cdot 10^2$	$18,0 \cdot 10^2$	$130,9 \cdot 10^2$	38,6	43,7	$98,38 \cdot 10^2$
Бурая полупустынная	5,6	450	$220 \cdot 10^2$	$25,0 \cdot 10^2$	$138,9 \cdot 10^2$	28,6	43,2	$105,38 \cdot 10^2$
Серозем	4,0	600	$242 \cdot 10^2$	$35,0 \cdot 10^2$	$159,5 \cdot 10^2$	20,0	30,8	$116,99 \cdot 10^2$

Заключение

Таким образом, на основе анализа использования составляющих энергетического баланса можно оценить мелиоративную нагрузку на агроландшафт и обосновать целесообразность ее снижения для предотвращения деградиционных процессов в агроландшафте в целом или отдельных его компонентов, что позволит повысить его устойчивость и продуктивность путем увеличения или восстановления природного потенциала агрогеосистемы.

Список использованных источников

1. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика от тепловых двигателей до диссипативных структур / Перевод с английского. - М.: Изд-во «Мир», 2009. - 461 с.
2. Розанов Б.Г. Некоторые следствия применения начал термодинамики к почвенным системам и задачи изучения термодинамических функций почвы // Рабочее совещание по проблеме обмена энергией в системе почва-растение-атмосфера: тезисы докладов. - Баку: Изд-во «ЭЛМ», 1970.
3. Технологии управления продуктивностью мелиорируемых агроландшафтов различных регионов Российской Федерации. - М.: РАСХН, 2008. – 81 с.
4. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами. Под научной редакцией д.т.н., проф. Л.В.Кирейчевой. – М.: ВНИИА, 2010. - 240 с.
5. Методика оценки новых видов органических удобрений по энергетическому критерию (с примером расчета эффективности производства и применения биогумуса). – М.: Информагротех, 1997. - 59 с.
6. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические основы воспроизводства плодородия почв и повышения продуктивности агроэкосистем. - Диссертация на соискание ученой степени д.б.н. – М., 2007.
7. Кирейчева Л.В., Белова И.В. Экологические аспекты повышения природно-ресурсного потенциала агроландшафта. – М.: Вопросы мелиорации, 2003. - № 3-4 с.
8. Kireicheva L.V., Karpenko N.P. Evaluation of the Efficiency of Irrigation in a Zonal Soil Sequence // Eurasian Soil Science, 2015. – Vol. 48. – No. 5. – Pp. 524-532.

References

1. Prigogine I., Condepudi D. Modern thermodynamics from heat engines to dissipative structures. Per. from eng. : М.: Publishing house World, 2009, 461p.
2. Rozanov B.G. Some consequences of applying the principles of thermodynamics to soil systems and the problems of studying the thermodynamic functions of the soil. -Working meeting on the issue of energy exchange in the soil-plant-atmosphere system. Abstracts Baku, Ed. ELM, 1970
3. Technologies for managing the productivity of reclaimed agrolandscapes in various regions of the Russian Federation. - М.: RAAS, 2008, 81p.
4. New technologies for the design, justification of construction, operation and management of reclamation systems. Under the scientific editorship of Doctor of Technical Sciences, prof. L.V. Kireycheva. - М.: VNIIA, 2010, 240 p.
5. Methodology for assessing new types of organic fertilizers by the energy criterion (with an example of calculating the production efficiency and application of vermicompost). - М.: Informgrotech, 1997, 59c
6. Bulatkin G.A. Ecological and energy fundamentals of the reproduction of soil fertility and increase the productivity of agroecosystems. - Thesis for the degree of Doctor of Biological Sciences - М., 2007.
7. Kireicheva L.V., Belova I.V. Ecological aspects of increasing the natural resource potential of the agrolandscape. - М.: Issues of Land Reclamation, 2003, No. 3-4 с.

8. Kireicheva L.V., Karpenko N.P. Evaluation of the Efficiency of Irrigation in a Zonal Soil Sequence // Eurasian Soil Science, 2015. – Vol. 48. – No. 5. – Pp. 524-532.

УДК 631.674

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.86.68.014

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ СТОЙКИ ДОЖДЕВАТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛУСТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЫ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ

Кудрявцева Л.В.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

***Аннотация.** В статье рассматриваются технические решения, направленные на повышение надежности работы полустационарной системы мелкодисперсного дождевания путем усовершенствования конструкции стойки. Приведен анализ трех последних разработок института, защищенных патентами на изобретения. Эти разработки связаны с совершенствованием процесса установки дождевателя на поле при орошении пропашных культур, а также с разработкой механизма изменения высоты стойки дождевателя по мере роста сельскохозяйственных растений.*

***Ключевые слова:** мелкодисперсное дождевание, телескопическая стойка дождевателя, механизм регулирования высоты стойки дождевателя*

IMPROVED DESIGN OF A STAND FOR A SEMI-STATIONARY FINE SPRINKLER SYSTEM

Kudryavtseva L.V.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

***Abstract.** The article reviews technical solutions aimed at improving the reliability of the semi-stationary fine irrigation system by improving the design of the stand. The analysis of the last three patent-protected designs by our research institute is given. These developments are associated with improving the installation process of the sprinkler on the field for row crops irrigation, as well as with the development of a mechanism for changing the height of the sprinkler stand as the irrigated crop grows.*

***Keywords:** fine sprinkling, telescopic sprinkler stand, mechanism for regulating the height of the sprinkler stand*

Введение

Для Нечерноземной зоны России характерно систематическое чередование влажных и засушливых летних периодов, когда сельскохозяйственные культуры даже на осушенных землях страдают от нехватки влаги. Строить стационарную оросительную систему с дождевальными машинами ДДА-100М или «Фрегат» для обеспечения растений влагой в засушливые периоды, целесообразно только на овощных севооборотах с высокой окупаемостью.

Более экономным является использование переносных разборных дождевальных систем мелкодисперсного дождевания, состоящих из разборных тру-

бопроводов и установленных на разборных штангах дождевателей. Такие системы используются преимущественно для орошения садовых культур [1].

В НПО Радуга разработан комплект аэрозольный КАУ-1, который состоит также из разборной системы труб и дождевателей, смонтированных на разборных стойках, заглубляемых в грунт и снабженных растяжками, траверсов, набора труб переменного сечения и разбрызгивателей. Для устойчивой работы дождевателя его основание заглубляют в грунт на 0,7 м и крепят растяжками [2]. Такие системы можно применять для орошения пропашных и овощных культур. Использование растяжек для повышения устойчивости стоек дождевателей осложняет работу пропашных механизмов.

В институте разработана конструкция мелкодисперсного дождевателя, основным отличием которого является раздвижная стойка, заглубляемая в грунт с помощью винтового якоря [3]. Замена растяжек стойки дождевателя с винтовым якорем позволяет беспрепятственно производить обработку поля пропашными механизмами и легко извлекать ее из грунта осенью при демонтаже системы после прекращения поливов.

Дальнейшее усовершенствование стойки дождевателя позволило оборудовать ее механизмом регулирования по высоте с помощью специальной защелки. Эта защелка, расположенная на наружной секции стойки, при увеличении высоты стойки путем подъема внутренней секции входит в отверстие, выполненное во внутренней секции, фиксируя заданную высоту расположения дождевателя [4].

Недостатком этой конструкции стойки дождевателя является трудность совмещения защелки на наружной секции с пазом на внутренней секции при изменении высоты стойки. Этот недостаток устранен при разработке конструкции стойки дождевателя, защищенной патентом РФ №2714252 [5].

На рисунке представлен общий вид дождевателя. Установку дождевателя на поле производят после завершения сева. Сначала ввинчивают якорь до упора площадки в грунт. Затем в наружную трубу вставляют внутреннюю, фиксируя ее в заданном положении с помощью шестеренчатого механизма. Разбрызгиватель подключают с помощью водоподводящей трубки к распределительному трубопроводу. При включении подачи воды до установления рабочего давления в сети вода из распылителя стекает по стойке на опорную площадку. Ее диаметр 0,5 м обеспечивает стекание воды за пределы размещения якоря. При этом радиус площадки 0,25 м соответствует величине капиллярного переноса влаги, что исключает пересыхание почвы. Так же исключается рост сорняков и образование дернины в зоне размещения якоря. По мере роста сельскохозяйственной культуры высоту дождевателя регулируют с помощью подъемного механизма. После завершения оросительного сезона дождеватели демонтируют. Для этого отключают водоподводящую трубку от распределительного трубопровода, а затем снимают подъемный механизм и трубу малого диаметра. Трубу большого диаметра вывинчивают из грунта с помощью ворота. Отсутствие дернины под опорной площадкой и сохранение почвы во влажном состоянии облегчает процесс вывинчивания якоря.

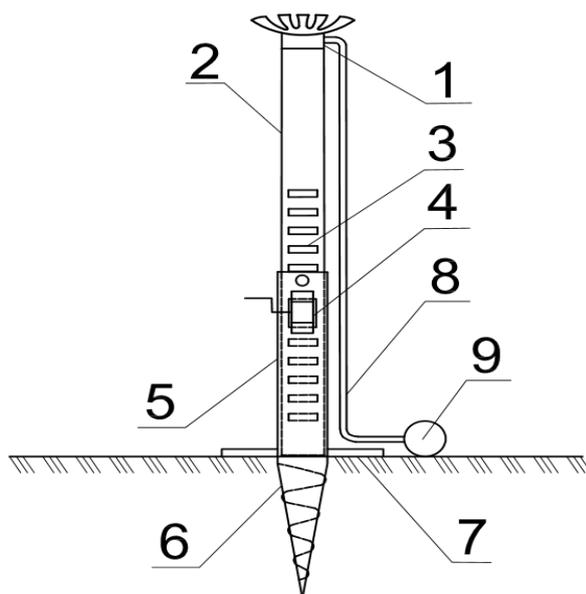


Рисунок - Мелкодисперсный дождеватель:

разбрызгиватель – 1; внутренняя труба – 2; продолговатые отверстия – 3; шестеренчатый механизм – 4; наружная труба – 5; якорь – 6; опорная площадка – 7; водоподводящая трубка – 8; распределительный трубопровод – 9

Вывод

Применение данного изобретения позволит снизить трудоемкость регулирования положения дождевателя над поверхностью поля, его установку и демонтаж, повысить устойчивость мачты в процессе работы и устранить препятствие проведению междурядных обработок.

Список использованных источников

1. Справочник. Мелиорация и водное хозяйство: орошение. - Том 6. - Москва: ВО «Агропромиздат», 1990. - С. 147-149.
2. Протокол испытания №03-51-08(1180042) от 20 октября 2008 г. Минсельхоз РФ / Департамент научно-технологической политики и образования / ФГУ Владимирская Зональная машиноиспытательная станция.
3. Губин В.К., Максименко В.П. Мелкодисперсная дождевальная установка // Патент РФ на полезную модель №187043; МПК А01 G 25/02. - Опубликовано 14.02.2019 г. - Бюл. № 5.
4. Губин В.К. Мелкодисперсный дождеватель // Патент РФ №2685478; МПК А01G 25/00. - Опубликовано 18. 04. 2019 г. - Бюл. №11.
5. Кудрявцева Л.В. Мелкодисперсный дождеватель // Патент РФ №2714252; МПК А01 G 25/00. - Опубликовано 13.02.2020 г. - Бюл. №5.

References

1. Reference book. Land reclamation and water management: irrigation. - Volume 6. - Moscow: VO "Agropromizdat", 1990. - P. 147-149.
2. Test Report N 03-51-08 (1180042) dated October 20, 2008. Ministry of agriculture of the Russian Federation / Department of scientific and technological policy and education / FSU Vladimirskaya Zonal machine testing station.
3. Gubin V. K., Maksimenko V. P. Fine sprinkler system // Russian patent for utility model no. 187043; IPC A01G 25/02. - Published 14.02.2019-bul . N 5.
4. Gubin V. K. Fine sprinkler // Russian patent no. 2685478; IPC A01G 25/00. - Published 18. 04. 2019-bul . N 11.

5. Kudryavtseva L. V. Fine sprinkler // Patent of the Russian Federation no. 2714252; IPC A01G 25/00. - Published on 13.02.2020-Byul. N 5.

УДК 615.035.4

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.32.67.015

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Курбатов Н.П.

ФГБОУ ВО «Тверской Государственный технический университет», г. Тверь, Россия

***Аннотация.** В статье рассмотрено применение фрактального моделирования для анализа и районирования территорий, подверженных эрозии. Определяется значение фрактальной размерности, которая отражает энергетическую напряженность овражно-балочной сети как геолого-геоморфологической системы на анализируемом участке территории. Предложены методические положения проведения фрактального анализа, который может быть использован не только для выявления площадей и необходимых объемов противоэрозионных мероприятий, но и для планирования размещения сельскохозяйственных угодий с учетом социальной и хозяйственной инфраструктуры территории*

***Ключевые слова:** эрозия, фрактальный анализ, районирование, фрактальная размерность, методика*

FORECASTING OF EROSION PROCESSES USING FRACTAL ANALYSIS

Kurbatov N. P.

Tver State technical University, Tver, Russia

***Abstract.** The use of fractal modeling for analysis and zoning of territories prone to erosion is considered in the article. The value of fractal dimension is determined, which reflects the energy intensity of the ravine-beam network as a geological and geomorphological system in the analyzed area. The methodological provisions of the fractal analysis are proposed. Fractal analysis can be used to determine the area and volume of erosion control measures. It can also be used to plan the allocation of agricultural land, taking into account the social and economic infrastructure of the territory.*

***Keywords:** erosion, fractal analysis, zoning, fractal dimension, technique*

Размывание почвы текущими водами поверхностного стока наносит серьезный ущерб сельскому хозяйству. Сносятся верхний, плодородный слой почвы, и ежегодно уносятся в реки ценные для растений питательные вещества. Явления эрозии почв наиболее сильно выражены в средних, южных и юго-восточных областях Европейской части России.

Основные факторы, которые обуславливают явление смыва и размыва почв следующие: значительные уклоны поверхности ($>0,025$) при малой водопроницаемости почв; отсутствие прочной комковатой структуры почв; вспашка по склону; степень сухости почвы (сухие почвы размываются легче влажных); характер растительного покрова [1]. В результате деградации уменьшается

продуктивность, идет ухудшение физических, химических, биологических свойств почв, нарушается ее экологический баланс.

В основе решения данной проблемы лежит поиск различных рубежей, границ, форм связанности и упорядоченности компонентов и их сочетаний в географическом пространстве для районирования территорий и планирования сельскохозяйственного освоения площадей, подверженных водной эрозии.

Фрактальная теория, является одним из инструментов, позволяющих анализировать современное состояние природных объектов, обусловленность их развития геолого-географическими особенностями территории и антропогенной нагрузкой.

В 1961 г. Л. Ричардсон установил, что длина произвольной географической кривой (которая может быть изломана в любой точке) степенным образом зависит от масштаба измерения. При измерении береговой линии в постоянно укрупняющемся масштабе в рассмотрение попадают все более мелкие изгибы, и каждая новая деталь увеличивает общую длину берега, реки. В 1967 г. Б. Мандельброт [2] связал свойство природных объектов с фракталами. Он предложил новую характеристику их протяженности – фрактальную размерность.

Фрактал - фрагментированная, по неправильной форме бесконечно самоподобная геометрическая фигура, каждый инвариант которой подобен целому при произвольном изменении масштаба. Прямое и обратное изменение масштаба какой-либо сложной поверхности рельефа или кривой ведет к безвозвратной потере информации о ее истинной форме и длине. Величина фрактальной размерности геоморфологических объектов прямо пропорционально указывает, насколько теряется информация об их размере (длине русла) при прямом и обратном изменении масштаба; увеличение масштаба ведет к уменьшению истинной длины русла реки. Вычисление фрактальной размерности геоморфологических объектов позволяет сохранить неизменной информацию об их морфометрии и морфологии при сколь угодно изменении масштаба рассмотрения.

Фракталы являются сугубо математическим понятием. Использование фрактальной теории, основанной на целостном представлении объекта как совокупности элементов, взаимосвязь которых порождает свойство самоподобия, весьма эффективно как для описания морфологии рельефа, так и для выявления закономерностей динамики геоморфосистем, в том числе, развития эрозии и увеличения площади эродированных сельскохозяйственных земель.

Охарактеризовать природный объект с помощью фрактальной размерности можно традиционным способом - исследуемый объект покрывается сеткой с размером ячейки ε и подсчитывается количество ячеек сетки $N(\varepsilon)$, покрывающих изучаемый объект. С уменьшением размера ε ячейки сетки количество ячеек $N(\varepsilon)$, покрывающих объект, увеличивается. Емкостная (фрактальная) размерность объекта, определяется как:

$$D = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\lg N(\varepsilon)}{\lg \varepsilon}, \quad (1)$$

Все фракталы, обладающие хотя бы какой-нибудь симметрией, самоподобны, т.е. некоторые фрагменты их структуры строго повторяются через определенные пространственные промежутки. Эти объекты могут иметь любую природу, причем их вид и форма остаются неизменными независимо от масштаба.

Размер ячейки покрытия может варьироваться в определенном диапазоне, максимальное значение которого определяется размерами объекта, а минимальное - его элементарным структурным элементом (размерами оцифрованной карты и минимальным элементом изображения (пикселем)).

Формула (1) не всегда применима, и для оценки ее фрактальной размерности необходимо применение численного алгоритма, который заключается в получении зависимости числа ячеек покрытия фрактала от размера ячейки, выделении на ней линейного участка и аппроксимации зависимости на этом участке линейной функцией [3].

Фрактальный подход впервые был применен в градостроительном анализе и направлен на понимание размера, однородности, разнообразия и степени плотности планировочных элементов и считается наиболее эффективным по сравнению с традиционными методами градостроительного анализа.

Будучи количественной характеристикой структуры объекта, фрактальная размерность (D) позволяет, например, находить параметры площади или периметр городской застройки с заданным уровнем приближения и независимо от единиц измерения. Согласно теоретическим положениям, фрактальная размерность на двумерном изображении варьируется от высоких значений (когда $D \rightarrow 2$), следовательно, структура объекта более однородна, полностью заполнена, до значений, когда $D \rightarrow 1$, что характеризует более фрагментарную (рваную) структуру, например городской планировки, с включениями неосвоенных пространств или характеризуется наличием естественных или искусственных ограничений.

Оценивать фрактальную размерность методом плотности заполнения городской территории для разных городов П. Франкхаузер в 1998 году предложил двумя способами: с помощью метода сетки и с помощью концентрических окружностей. Эти два метода возможно комбинировать.

Для изучения овражно-балочной сети (ОБС) теория фракталов была использована для территории города Саратова. Анализ показал, что значения величины фрактальной размерности D находятся в некотором интервале значений размерности, зависящей от выбора участков, и составляют $D = 1,59 \div 1,66$ (рис. 1) [3]. При исследовании Елшанского ландшафтного района города была получена зависимость числа ячеек покрытия от размера ячейки ($D = 1,61$). Отрезок, используемый для вычисления величины фрактальной размерности, характеризуется двумя числами: максимальными и минимальными размерами ячеек покрытия (ε_{max} и ε_{min} , соответственно).

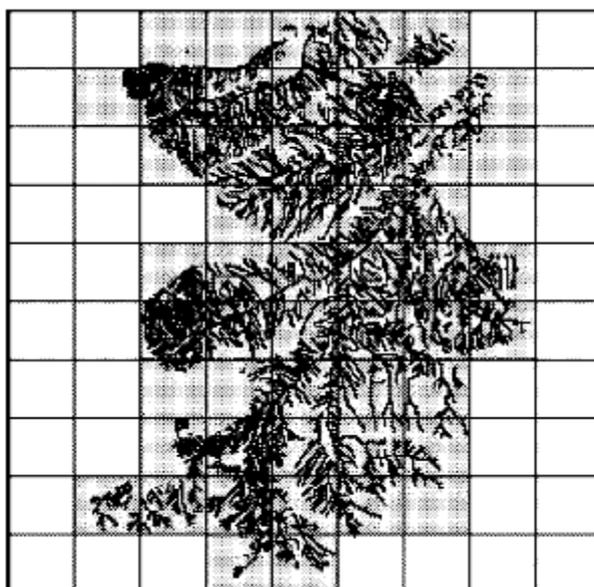


Рисунок 1 - Структура овражно-балочной сети Елашанского ландшафтного района г. Саратов [3]

Значение фрактальной размерности отражает энергетическую напряженность овражно-балочной сети как геолого-геоморфологической системы на анализируемом участке. Овражно-балочная сеть, развивающаяся в более жестком, гетерогенном по вещественному составу горных пород геологическом субстрате, характеризуется более низким значением фрактальной размерности D . Так, например ОБС Лысогорского ландшафтного района, плато которого сложено наиболее разновозрастными, разнофациальными отложениями, имеет наименьший показатель $D = 1,54$.

Применение фрактального анализа и районирование территорий, подверженных размыву, дает возможность прогнозировать эрозионные процессы и разработать мероприятия по борьбе с эрозией. Для оценки и районирования территорий, которые подвержены эрозии, с помощью фрактальной размерности предлагается использовать методику, которая включает ряд следующих положений:

а) карта района (масштаб любой, желательно более мелкий) разбивается на клетки, часть клеток будет иметь площади подверженные размыву, а часть будут пустыми (строения, дороги, леса, озера и т.п.), размер квадратов в сетке можно варьировать;

б) при большом размере квадрата, охватывающем весь район, фрактальная размерность равна 2; если уменьшить размер стороны квадрата до 20–50 метров, то размерность уменьшится, D будет меньше двух.

в) фрактальная размерность подсчитывается по формуле:

$$D = \lg N(r) / \lg(1/r), \quad (2)$$

где: D – показатель фрактальной размерности; $N(r)$ минимальное число множества квадратов r , которыми можно покрыть исходное множество.

За N берется количество квадратов, попавших на земли, подверженные водной эрозии в анализируемом масштабе, т.е. если эрозия имеется в 9 квадратах из 9, то $D = 2$, если площадь размывов имеется в 4 квадратах из 9, $r = 3$, то $D = 1,26$. Если участок разбить на 100 клеток, $r = 10$, а эродированная площадь будет только в 18 квадратах, то $D = 1,26$ и т.д.;

г) проводится следующая итерация и рассчитывается размерность на более мелкой сетке, т.е. идет поэтапное сокращение размера сетки элементов от крупнозернистой к мелкозернистой;

д) далее разбиваются на клетки только площади, подверженные размыву, и проводится детализация уже по степени размыва территории и по показателю фрактальности (D); можно подсчитать потребность в восстановительных работах и мероприятиях по предупреждению и борьбе с эрозией.

В результате при подсчете клеток и по фрактальной размерности (D) устанавливается соотношение размывных площадей и общей площади района; расстояние от эродированных участков почв до интересующих объектов и расстояния между эродированными участками; формы и структура сельскохозяйственных земель, подверженных водной эрозии и многое другое.

Таким образом, фрактальное моделирование позволяет оценить целесообразность и направления потенциального освоения площадей, подверженных водной эрозии, необходимость и масштабы проведения противоэрозионных мероприятий. Фрактальная размерность одного участка отличается от другого и растет по мере увеличения площади развития водной эрозии.

Фрактальный анализ является фундаментальным инструментом, закладывающим основы для углубленного анализа состояния сельскохозяйственных земель. Изучение морфологии и соотношений распределения структур в пространстве, проводимых методами фрактального анализа, могут быть использованы для экспресс-прогнозирования и районирования земель с эрозионными процессами, выявления необходимых объемов противоэрозионных мероприятий, а также для планирования размещения сельскохозяйственных угодий с учетом социальной и хозяйственной инфраструктуры территории.

Список использованных источников

1. Костяков А.Н. Основы мелиорации. 6-е, изд., доп. и перер. М.: Сельхозгиз.- 1960. - 662 с.
2. Мандельброт Бенуа. Фрактальная геометрия природы. М.: Ин-т компьютер. исслед. 2002. - 656 с.
3. Иванов А.В., Короновский А.А., Минюхин И.М., Яшков И.А.. Определение фрактальной размерности овражно-балочной сети г. Саратов. Изв. вузов «ПНД».-2006. т. 14, № 2.
4. Гущина Е. С., Смогунов В. В. Фрактальная размерность в оценке планировочной структуры крупного города. Академический вестник УралНИИпроект РААСН. -2009. № 2.

References

1. Kostyakov A. N. Fundamentals of land reclamation. 6th, ed., add. and perer. M.: Selkhozgiz.- 1960. - 662 p.
2. Mandelbrot, Benoit. Fractal geometry of nature. M.: In-t computer. research. 2002. - 656 p.
3. Ivanov A.V., Koronovsky A. A., Minyukhin I. M., Yashkov I. A. Determination of the fractal dimension of the gully-beam network of Saratov. Izv. vuzov "PND". -2006. vol. 14, N 2.

4. Gushchina E. S., Smogunov V. V. Fractal dimension in the assessment of the planning structure of a large city. Academic Bulletin of the Ural Sri project raabs. -2009. N 2.

УДК 631.6

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.77.15.016

МЕЛИОРАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ) В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Лоскин М.И.

ГБУ «Упрмелиоводхоз» Министерства сельского хозяйства Республики Саха (Якутия), г. Якутск, Россия

***Аннотация.** В статье рассмотрено современное состояние мелиоративных объектов и мелиорируемых земель в республике Саха (Якутия). Показано, что из 40 систем лиманного орошения в настоящее время эксплуатируются 19 систем, площадью 12 тыс. га (50%), из 126 осушительных систем используется 51 система общей площадью 26 тыс. га (38%). Наибольшую опасность по месту расположения и техническому состоянию представляют 46 ГТС (24%), включая земляные плотины, построенные на мерзлых грунтах, из-за наблюдающихся в последнее время непредвиденных катастрофических объемов весеннего половодья и летне-осенних паводков, связанных с потеплением климата.*

***Ключевые слова:** мелиоративные системы, гидротехнические сооружения, плотина, потепление климата, мерзлые грунты*

RECLAMATION OF AGRICULTURAL LANDS IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA) UNDER CLIMATE CHANGE

Loskin M. I.

GBU "Uprmeliiovodkhoz" the Ministry of agriculture of the Republic Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

***Abstract.** The article discusses the current state of reclamation facilities and reclaimed land in the Republic of Sakha (Yakutia). It is shown that out of 40 systems of estuary irrigation, 19 systems are currently in operation, with an area of 12 thousand hectares (50%), out of 126 drainage systems, 51 systems are used with a total area of 26 thousand hectares (38%). The greatest danger in terms of location and technical condition is represented by 46 hydraulic structures (24%), including earthen dams built on frozen soils, due to recent unforeseen catastrophic volumes of spring floods and summer-autumn floods associated with climate warming.*

***Keywords:** reclamation systems, hydraulic structures, dam, climate warming, frozen soils*

Одной из основных причин, обуславливающих низкий уровень рентабельности сельскохозяйственного производства, является неэффективное использование земель сельскохозяйственного назначения. В условиях реализации стратегических направлений развития сельского хозяйства Республики Саха (Якутия), в том числе по импорт-замещению продовольственной продукции и росту уровня обеспеченности населения качественными продовольственными товарами местного производства, важнейшей задачей становится рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения.

Наиболее интенсивное развитие сельскохозяйственной мелиорации в республике приходится на 70-80 годы XX столетия, а именно в период 1966-1984 гг., толчком которому послужило принятие Программы развития мелиорации в СССР «О широком развитии земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур», одобренной пленумом ЦК КПСС в мае 1966 года. После майского пленума ЦК КПСС в октябре 1966 года отдел водного хозяйства при Совете Министров Якутской АССР был реорганизован в Министерство мелиорации и водного хозяйства Якутской АССР.

С 1966 по 1984 годы было вовлечено в сельскохозяйственный оборот 418 тыс. га земель, в том числе:

- 63 тыс. га орошаемых земель, из них 33 тыс. га лиманного орошения. Реконструирована оросительная сеть на площади 5,6 тыс. га, обводнено 8 тыс. га пастбищ;

- 58 тыс. га осушенных земель, в том числе восстановлено 17 тыс. га ранее осушенных земель;

- проведены культуртехнические работы на площади 297 тыс. га, в том числе введено в оборот раскорчевкой 49 тыс. га новой пашни.

Доля мелиорированных земель из всей площади сельскохозяйственных угодий с 1965 по 1985 годы выросла в 4 раза, в том числе пашни более чем в 4 раза, сенокосных угодий и пастбищ в 1,8 раза.

Осуществление мелиоративных мероприятий позволило добиться роста среднегодовых закупок картофеля в X пятилетке по сравнению с 1961-1965 годами в 8 раз, овощей – в 5 раз, молока – в 45%.

Была создана мощная инфраструктура, включающая государственное управление в лице Министерства мелиорации и водного хозяйства республики, заказчика Объединенной дирекции строительства, проектных и научных организаций (институт «Якутгипроводхоз», Якутское отделение Красноярского института «СибНИИГиМ»), специализированной строительной организации – треста «Якутмелиоводстрой» и эксплуатационной службы - Управление по эксплуатации оросительных и осушительных систем. Планомерно готовились в ВУЗах и ССУЗах страны специалисты-мелиораторы из числа местного населения.

На сегодняшний день мелиорация в Республике Саха (Якутия) представлена на ГБУ «Управление по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению» Министерства сельского хозяйства Республики Саха (Якутия) со 100% финансированием мелиоративных работ из республиканского бюджета. Основной деятельностью Управления является безопасная и эффективная эксплуатация переданных в оперативное управление мелиоративных систем, отдельно расположенных гидротехнических сооружений, объектов сельскохозяйственного водоснабжения и обеспечение работы групповых и локальных водоводов.

Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения объектов сельскохозяйственного водоснабжения построены в основном 1970-80-х годах прошлого века. С момента развала системы мелиорации в республике в 1990-х го-

дах данные объекты оставались бесхозными и только после инвентаризации, проведенной в 2004 и 2010 годах, они приняты в государственную собственность и переданы Управлению в оперативное управление. На сегодняшний день на балансе ГБУ «Упрмелиоводхоз» МСХ Республики Саха (Якутия) находятся мелиоративные системы с общей площадью мелиорированных земель 93 тыс. га.

Структура мелиорированных земель: системы лиманного орошения – 40 единиц на площади 24 тыс. га, осушенные земли – 126 систем на площади 68 тыс. га. Кроме того, в оперативном управлении находятся 190 отдельно расположенных гидротехнических сооружений объектов сельскохозяйственного водоснабжения, 2 групповых водовода для обводнения Заречной группы районов и 3 локальных водовода для обводнения сельских населенных пунктов и объектов. Из 40 систем лиманного орошения в настоящее время эксплуатируются 19 систем, площадью 12 тыс. га (50%). Для вовлечения в сельскохозяйственный оборот 12 тыс. га мелиорированных земель 21 системы лиманного орошения необходимо проведение реконструкции и ремонтно-восстановительных работ на 27 объектах, для чего в текущих ценах потребуется не менее 650-700 млн. рублей.

Несмотря на зону рискованного земледелия, урожайность травостоя на системах лиманного орошения намного выше, чем на естественных лугах. При проведении всего комплекса культуртехнических, агротехнических мероприятий на данных площадях гарантированно можно заготавливать до 35-40 ц/га грубых кормов или не менее 40-45 тыс. тонн кормов ежегодно. Прирост составляет более 25 тыс. тонн только на эксплуатируемых площадях системы лиманного орошения.

Из 126 осушительных систем используется 51 система общей площадью 26 тыс. га (38%). Общая протяженность каналов – 1 609 км. В связи с ограниченностью выделяемых финансовых средств на этих землях производятся самые примитивные мелиоративные мероприятия, т.е. производится только очистка существующих и разработка новых каналов без производства всего комплекса мелиоративных мероприятий, включая культуртехнические работы, агрохимическую обработку лугов, строительство осушительно-увлажнительных систем двойного регулирования и других. Протяженность заросших осушительных каналов составляет 1 038 км. Из расчета средней стоимости восстановления 1 км осушительного канала в 220 тысяч рублей для вовлечения в сельскохозяйственный оборот 42 тыс. га земель потребуется около 230 млн. руб. Средняя урожайность с осушенных земель без проведения комплексных мелиоративных работ составляет 14 ц/га.

Из 190 гидротехнических сооружений объектов сельскохозяйственного водоснабжения (далее-ГТС), предназначенных для обеспечения сельскохозяйственного производства технической водой в 10 районах республики, только 25 объектов имеют водопропускные сооружения капитального характера или 13% от общего числа. Остальные объекты построены без проектно-сметной документации, в водные годы подвержены большому риску разрушения и представляют реальную угрозу нижерасположенным объектам народного хозяйства и

населенным пунктам. Наибольшую опасность по месту расположения и техническому состоянию представляют 46 ГТС (24%), на которых необходимо проведение работ по реконструкции и капитальному ремонту для гарантированного обеспечения их безопасной эксплуатации в соответствии с требованиями ФЗ-117 «О безопасности гидротехнических сооружений». Объем накопленной воды в водохранилищах: 9 водохранилищ, объемом более 5,0 млн. м³, 120 – от 1,0 до 5,0 млн. м³ и 61 – менее 1,0 млн. м³. В соответствии с критериями классификации ГТС относятся к сооружениям III и IV класса.

Для повышения плодородия почв, продуктивности сельскохозяйственных земель, гарантированного обеспечения сельскохозяйственного производства хозяйственно-бытовой водой в республике действует подпрограмма «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель» в составе Государственной программы Республики Саха (Якутия) «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2018-2022 годы». Помимо этого, хозяйствующие субъекты проводят работы в рамках мероприятий Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 - 2020 годы».

С начала 2000-х годов на малых реках республики начали наблюдаться непредвиденные катастрофические объемы весеннего половодья и летне-осенних паводков. Для всестороннего обсуждения проблем, связанных с регулированием стоков малых рек, в целях рационального и эффективного использования их водных запасов в марте 2005 года в с. Ытык-Кель Таттинского района была проведена научно-практическая конференция «Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, минимизация вредного воздействия вод в период прохождения паводков на малых реках и повышения эффективности их долин». Данное мероприятие было одним из первых публичных площадок, где существенное потепление климата рассматривалось как одна из основных причин изменения гидрологических режимов малых рек [1].

Если рассматривать аварийные ситуации на гидромелиоративных объектах начала 2000-х годов, то практически все они связаны с непредвиденными объемами паводковых вод, которые существенно превышали принятые при проектировании гидрологические параметры малых рек, а также с деградацией многолетнемерзлых пород, слагающих основания сооружений. Так, в 2007 году во время прохождения весеннего половодья по речке Татта, был подтоплен на 90% административный центр Таттинского района – село Ытык-Кель. Основными причинами подтопления являлись, во-первых, непредвиденный в то время расход весеннего половодья по речке Татта – 120 м³/с [2], тогда как все гидротехнические сооружения, а также правила землепользования и застройки населенного пункта были рассчитаны на пропуск 62,9 м³/с [1]; во-вторых, захламленность русла речки за населенным пунктом, затрудняющая пропуск паводковых вод до устьевой части. При этом необходимо иметь ввиду, что объем воды только по притоку р. Дебьэгэнэ составлял 107 м³/с [3].

В июле 2014 года вследствие обильных дождей, превышающих более чем в 4 раза среднедекадную норму [4], произошел перелив с последующим разрушением через грунтовую плотину «Сири-Холлогос» с пропускной способно-

стью 22,4 м³/с. В результате на 75% было подтоплено с. Дябыла Чурапчинского района.

В мае 2018 года вследствие термокарстовой просадки из-за оттаивания повторно-жильных льдов, подстилающих основание сооружения, а также непредвиденных атмосферных осадков в 4 раза превышающих среднедекадную норму [5], разрушено автоводосбросное сооружение водохранилища «Куогалы» Чурапчинского района.

В мае 2019 года в результате оттаивания подстилающих основание многолетнемерзлых грунтов произошло разрушение автоводосбросного сооружения «Огустах» Мегино-Кангаласского района с пропускной способностью 44,3 м³/с. В этот же период вследствие сверхнормативной выдержки работы в форсированном режиме разрушен шлюз-регулятор системы лиманного орошения «Эбэ» Горного района с пропускной способностью 16 м³/сек, площадью орошения 172 га.

Одним из существенных и отрицательных факторов, приводящих к подтоплению населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий и лесов, снижающих устойчивость гидротехнических сооружений, является на наш взгляд захламленность древесной растительностью русел малых рек, снижающая их пропускную способность. Детальных исследований по выявлению указанных явлений не проведено, но рекогносцировочные обследования, а также аналогичность возникновения характерных явлений в последние годы, позволяют выдвинуть гипотезу о связи их с потеплением климата, изменением гидрологических параметров малых рек, приводящим к деградации сложившихся русел.

Проведенные нами с 2015 года исследования низконапорных ГТС мелиоративного назначения в Центральной Якутии показали, что наблюдающееся в последние десятилетия региональное повышение температуры более чем на 2,5 °С привело к заметному увеличению суммы атмосферных осадков до 75 мм, а также к повышению водности некоторых малых рек до 3-х раз (рис. 1-2).

Практически на всех объектах происходит термоэрозионное разрушение грунтовых плотин, зон примыкания плотин со склоном долин и межлаласьев. По берегам водохранилищ вследствие больших объемов воды активизировались криогенные процессы, такие как термокарст, термоэрозионные просадки (овраги), сплывы и сползание грунтов.

Установлены закономерности снижения устойчивости основания грунтовых плотин в зависимости от увеличения мощности сезонно-талого слоя, связанного с повышением температуры воздуха, ростом летних осадков и водности рек. Детальные геокриологические исследования грунтов основания плотин подтверждают, что за последние 22 года глубина сезонного оттаивания увеличилась от 0,3 до 1,5 м, при этом температура грунтов на глубине 10 м увеличилась от 0,8 до 5,5 °С [7]. Согласно нормативным документам [8], при таких значениях температуры мерзлые тонкодисперсные грунты переходят в «вяломерзлое» состояние, что резко снижает их несущую способность. При этом увеличивается доля водонасыщенного (талого) грунта, что снижает устойчивость сооружений из-за снижения сил трения и сцепления грунта в теле плотин. Следует учесть, что при проектировании и строительстве всех ГТС применялся

принцип, основанный на сохранении при их эксплуатации грунтов оснований в мерзлом состоянии.

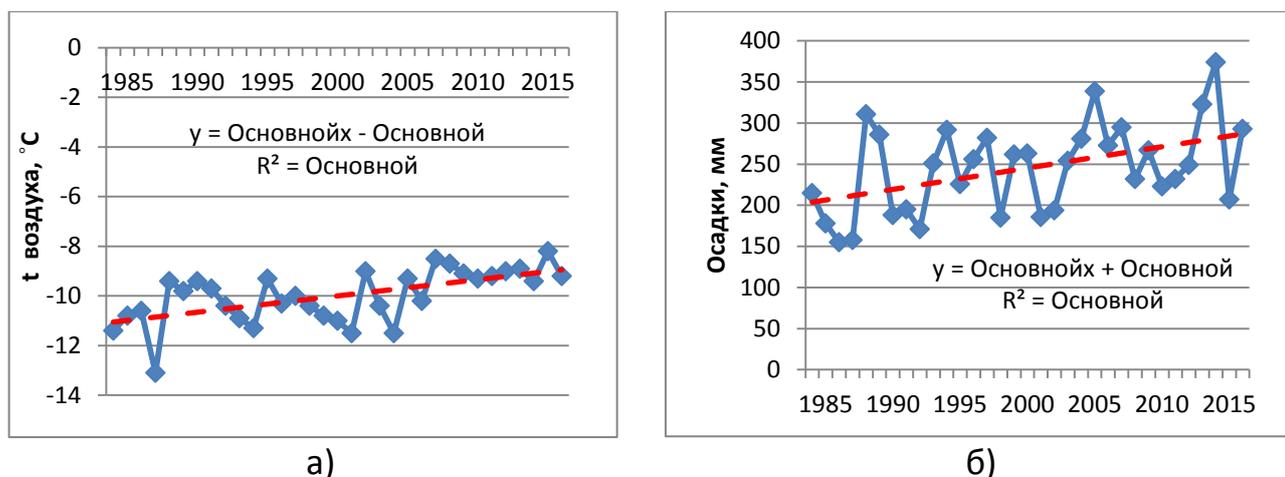


Рисунок 1 - ст. Чурапча, Лено-Алданское междуречье Центральной Якутии:
а) – среднегодовая температура воздуха, б) – сумма атмосферных осадков

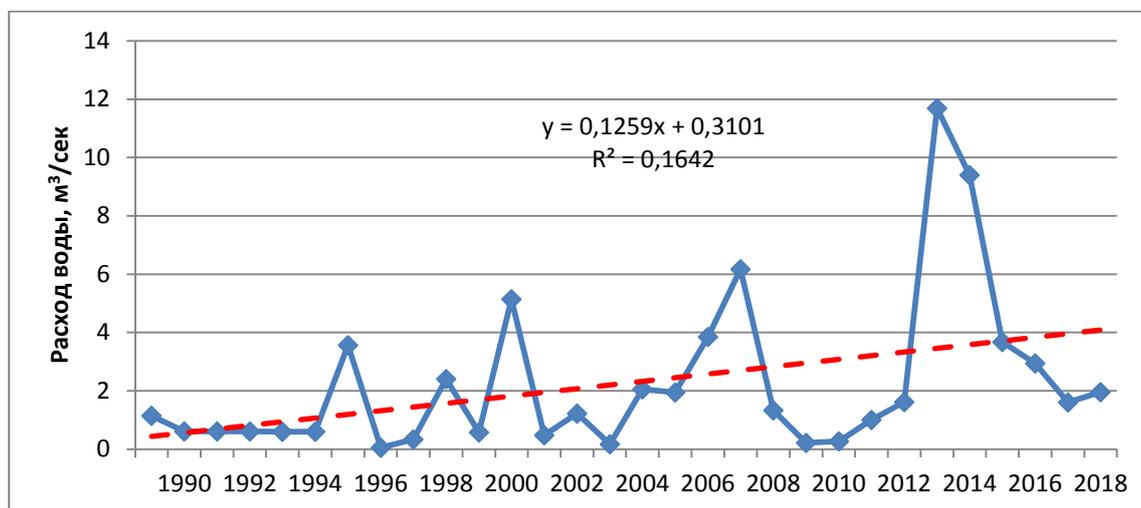


Рисунок 2 – расход воды в р. Суола на ств. Бэдимэ.
Лено-Алданское междуречье Центральной Якутии

Значительное изменение гидрологического режима малых рек в сторону резкого увеличения расходов весеннего стока, частые проявления летне-осенних дождевых паводков в разы увеличили риски разрушения сооружений, о чем свидетельствуют практически ежегодные разрушения, начиная с 2007 года, низконапорных ГТС.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования, а также факты аварийных ситуаций на ГТС показывают, что при дальнейшем продолжении сценария потепления устойчивость сооружений, проектирование и строительство которых проводилось с применением действующих нормативов, может быть нарушена. При этом, учитывая отрицательное влияние потепления климата не только на гидротехнические сооружения, но и на все инженерные сооружения, строящиеся и построенные на мерзлых грунтах, необходимо рассмотреть вопросы внесе-

ния изменений в действующие СП, СНиПы и другие нормативные документы, касающиеся строительства, реконструкции сооружений на мерзлых грунтах, а также обновления гидрологических параметров малых рек.

Список использованных источников

1. Материалы научно-практической конференции «Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, минимизация вредного воздействия вод в период прохождения паводков на малых реках и повышения эффективности их долин» // – Якутск: Изд. «Сайдам», 2006. – 127 с.
2. Отчет о научно-исследовательской работе на тему: «Расчет стока водосборного бассейна р. Таатта Республики Саха (Якутия)» / Омский филиал ФГУП СибНИИГиМ, кафедра гидрогеологии, гидравлики и инженерной гидрологии ФГОУ ВПО ОмГАУ; Руководитель НИР, к. т. н. Кузьмин А. И. – Омск, 2006. – С. 51.
3. Отчет по изучению водосборного бассейна р. Дебягэнэ Таттинского улуса / ПСП ИП Малгин В. С.; Руководители Малгин В. С., Максимов П. Е., – Якутск, 2010. – 26 с.
4. Справка ФГБУ «Якутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» от 18.07.2014 г. №21/3-30-285 / ФГБУ «Якутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»; зам. Начальника управления – начальник гидрометцентра Дихтяренко Ю.А. – Якутск, 2014. – 1 с.
5. Справка ФГБУ «Якутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» от 22.05.2018 г. №20/1-60-194 / ФГБУ «Якутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»; Начальник гидрометцентра Аржаков А. Н. – Якутск, 2018. – 1 с.
6. Балобаев В.Т., Скачков Ю.Б., Шендр Н.И. Прогноз изменения климата и мощности мерзлых пород центральной Якутии до 2200 года. // География и природные ресурсы, 2009. -№ 2. – С. 50-56.
7. Лоскин М.И. Повышение водообеспеченности сельскохозяйственных объектов на основе превентивных мероприятий, обеспечивающих устойчивость низконапорных грунтовых плотин Центральной Якутии: дис. ... канд. тех. наук: 06.01.02: защищена 16.05.2019 / Лоскин Михаил Иванович. – М., 2019. – 144 с.
8. СНиП II-18-76. Часть II «Нормы проектирования». Гл. 18 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»: СНиП II-18-76 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gostrf.com/normadata/1/4293849/4293849618.pdf>(дата обращения 25.07.2019 г.).

References

1. Materials of the scientific-practical conference "Ensuring the safety of hydraulic structures, minimizing the harmful effects of water during floods on small rivers and increasing the efficiency of their valleys" // - Yakutsk: Izd. Saydam, 2006. - 127 p.
2. Report on research work on the topic: "Calculation of the drainage of the catchment of the river. Taatta of the Republic of Sakha (Yakutia) " / Omsk Branch of the Federal State Unitary Enterprise SibNIIGiM, Department of Hydrogeology, Hydraulics and Engineering Hydrology Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education OmGAU; Head of research, Ph.D. Kuzmin A.I. - Omsk, 2006. - P. 51.
3. Report on the study of the catchment of the river. Debagene Tattinsky ulus / PSP IP Mulgin V. S. ; Heads Mulgin V.S., Maksimov P.E., - Yakutsk, 2010. - 26 p.
4. Information from FSBI "Yakutsk Administration for Hydrometeorology and Environmental Monitoring" dated July 18, 2014 No. 21 / 3-30-285 / FSBI "Yakutsk Administration for Hydrometeorology and Environmental Monitoring"; deputy Head of Department - Head of Hydrometeorological Center Dikhtyarenko Yu.A. - Yakutsk, 2014. - 1 s.
5. Information from the Federal State Budgetary Institution "Yakutsk Office for Hydrometeorology and Environmental Monitoring" dated 05.22.2018 No. 20 / 1-60-194 / Federal State Budgetary

- Institution “Yakutsk Office for Hydrometeorology and Environmental Monitoring”; Head of the hydrometeorological center Arzhakov A.N. - Yakutsk, 2018 .- 1 p.
6. Balobaev V.T., Skachkov Yu.B., Shendr N.I. Forecast of climate change and thickness of frozen rocks in central Yakutia until 2200. // Geography and natural resources, 2009. - No. 2. - P. 50-56.
 7. Loskin M.I. Increasing the water supply of agricultural facilities on the basis of preventive measures that ensure the stability of low-pressure soil dams in Central Yakutia: dis. ... cand. those. Sciences: 06.01.02: protected 16.05.2019 / Loskin Mikhail Ivanovich. - M., 2019 . - 144 p.
 8. SNiP II-18-76. Part II "Design Standards". Ch. 18 “Foundations and foundations on permafrost soils”: SNiP II-18-76 [Electronic resource]. - Access mode: <http://gostrf.com/normadata/1/4293849/4293849618.pdf> (address of July 25, 2019).

УДК 631.6:631.67

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.83.26.017

РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Лунева Е.Н., Новикова И.В., Денисов В.В.

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Новочеркасск, Россия

***Аннотация.** В статье сформулированы актуальные цели научных исследований для разработки научно обоснованных предложений по развитию и устойчивому функционированию сельскохозяйственного мелиоративного комплекса с применением наукоемких аграрных технологий и технических средств, высокопродуктивных культур, сортов и гибридов для стабильно высокого производства сельскохозяйственной продукции в условиях изменения климата и природных аномалий на инновационной технологической основе эффективного использования природных ресурсов.*

***Ключевые слова:** сельскохозяйственный мелиоративный комплекс, комплексная мелиорация земель, капельное орошение, орошение дождеванием, поливной режим*

DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL LAND RECLAMATION COMPLEX IN CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

Luneva E. N., Novikova I. V., Denisov V. V.

Novocherkassk engineering-meliorative Institute. A. K. Kortunov of the Donskoy state agrarian UNIVERSITY, Novocherkassk, Russia

***Annotation.** The article defines the actual goals of scientific research for the development of scientifically based proposals for the development and sustainable functioning of the agricultural reclamation complex with the use of high-tech agricultural technologies and technical means, highly productive crops, varieties and hybrids for stable high production of agricultural products in conditions of climate change and natural anomalies on the innovative technological basis of effective use of natural resources.*

***Keywords:** agricultural land reclamation complex, integrated land reclamation, drip irrigation, sprinkler irrigation, irrigation regime*

Росгидромет ежегодно издает труды и сборники по вопросам изменения климата и его влияния на жизнь человека и общества. В рамках реализации мер государственной политики в сфере изменения климата научно-исследовательские институты, подведомственные Федеральному агентству

научных организаций, Минсельхозу России, Росгидромету и Российской академии наук, проводят исследования в области изучения влияния последствий изменения климата на сельское хозяйство. Что будет происходить на территории Российской Федерации, видение ученых, прогнозы?

Ведущий климатолог России и руководитель программы «Климат и энергетика» WWF России Алексей Кокорин изучил доклад Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата. Краткая суть прогнозов: проблем с ведением сельского хозяйства не избежать. В 2030-х годах летом будет на 3°C теплее, три раза в десятилетие будет удушливая жара или сковывающий холод. В XXI веке уже на 1°C температура повысилась в сравнении с XIX веком, но добавится еще 2,5°C. При этом остановить потепление даже на 1,5°C – это сверхзадача.

Ученые из Института физики атмосферы им. Обухова РАН уверены, что в южных регионах страны, прежде всего в Калмыкии, Ставропольском крае, Астраханской и Ростовской областях, в середине 21 века господствующие ветры будут дуть с запада, а не с востока, как сейчас. В итоге, количество осадков возрастет, что положительно скажется на урожайности. «Можно утверждать, что в результате потепления на юге России климат станет мягче, – утверждает Николай Еланский, ученый из Института физики атмосферы им. Обухова. – Не будет перепадов температуры и резкой смены погоды» [1]. По его мнению, здесь сформируются уникальные благоприятные условия, хотя ранее утверждалось, что произойдет опустынивание южных районов. А вот для севера нашей страны последствия глобального потепления могут иметь характер противоположный.

Полемика продолжается и однозначных прогнозов ждать не стоит.

Задача нашей статьи в другом. Как аграриям приспособиться к изменениям климата, что наука и практика могут противопоставить капризам природы. Анализ современного состояния сельскохозяйственного мелиоративного комплекса позволит сформулировать актуальные цели научных исследований для зоны рискованного земледелия, для адаптации сельского хозяйства к изменению климата.

Комплексная мелиорация земель, включающая наряду с гидромелиорацией агролесомелиорацию, культуртехническую, биологическую мелиорацию и другие мелиоративные мероприятия, в сочетании с применением наукоемких аграрных технологий и технических средств, высокопродуктивных культур, сортов и гибридов, расчетных доз удобрений и средств защиты растений является решающим условием стабильно высокого производства сельскохозяйственной продукции в условиях изменения климата и природных аномалий на инновационной технологической основе и эффективного использования природных ресурсов [2].

Развитие и устойчивое функционирование сельскохозяйственного мелиоративного комплекса [3] возможно при условии повышения водообеспеченности земель сельскохозяйственного назначения, предотвращения процессов подтопления, затопления и опустынивания территорий для гарантированного обеспечения продуктивности сельскохозяйственных угодий, достижения экономии

водных ресурсов, внедрения микроорошения и водосберегающих аграрных технологий, а также использования на орошение животноводческих стоков и сточных вод с учетом их очистки и последующей утилизации отходов. Восстановление и дальнейшее развитие мелиорации будет способствовать не только увеличению валового производства продукции, но и обеспечит надежность и безопасность работы гидротехнических сооружений, а также предотвратит возможность возникновения чрезвычайных ситуаций в зоне влияния данных сооружений. Как следствие, приведение в нормативное техническое состояние водохранилищ, плотин, водозаборов, каналов, водовыпусков, насосных станций, мостов, переездов, скважин и других объектов с возможной последующей передачей имущества в собственность субъектам Российской Федерации или в аренду сельскохозяйственным товаропроизводителям с правом последующего выкупа.

Для составления технико-экономического обоснования необходимости и целесообразности гидромелиоративных работ проводят общие фондовые исследования, указывают общую площадь отвода земельного участка, изымаемую во временное пользование для выполнения работ по строительству мелиоративной системы и искусственных сооружений, устанавливают очередность проведения работ, приводят материально-технические, трудовые и денежные затраты, дают расчет эффективности проектируемых мероприятий.

Для разработки технического проекта на объектах, отобранных по результатам обследований проводят комплексные изыскания. К ним относятся топографо-геодезические, гидрологические и гидротехнические, почвенно-грунтовые исследования, сведения о прочностных и деформационных характеристиках грунта, сведения об уровне грунтовых вод, их химическом составе и агрессивности, оценка качества и пригодности воды, изымаемой для орошения и другие по необходимости.

Основой комплексного подхода к использованию водных ресурсов, является плановое водопользование, т.е. управляемый технологический процесс, включающий комплекс организационных и технических мероприятий на водохозяйственном объекте по оптимальному регулированию водного, воздушного, пищевого и теплового режимов сельскохозяйственных культур путем забора воды из водоисточника (увязывая с режимом водоисточника), ее рационального распределения и подачи в нужных объемах и в необходимые агротехнические сроки водопользователям с последующим эффективным распределением по полям орошения при обязательном выполнении мероприятий, обеспечивающих надежную работу всех конструктивных элементов системы и орошаемых участков, имеющегося оборудования, устройств и поливной техники [4].

Оросительную систему рассчитывают на подачу и распределение оптимального объема воды, достаточного для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, и объемов воды, необходимых для удовлетворения хозяйственных и коммунальных потребностей. Потребность в оросительной воде на системе определяют на основе утвержденных для каждого административного региона режимов орошения сельскохозяйственных культур. По ним строят графики удельных расходов (гидромодули) для соответ-

ствующих севооборотов, принятых на данной оросительной системе, укомплектованные ординаты которых служат основой для расчетов вариантов и определения оптимальных параметров.

Эффект от реализации мелиоративных мероприятий в засушливые годы для экономики России возрастает, как показывает практика, в геометрической прогрессии. Выход продукции с орошаемого гектара в 2-5 раз выше, чем с богарного, а производительность труда и эффективность использования природных и материально-технических ресурсов увеличиваются в 2-3 раза. Кроме того, статистические данные свидетельствуют о том, что на мелиорированных землях, составляющих 7,9% площади пашни, производится 50% овощей, до 20% кормов и весь рис [5].

В новых экономических условиях основным критерием необходимости возделывания сельскохозяйственных культур должна быть их рентабельность, а также востребованность на продовольственном рынке. Поэтому, в каждом коллективном или частном хозяйстве следует поддерживать:

- оптимальную структуру посевов и набор экономически эффективных культур, их сортов и гибридов, в том числе жизненно важных зерновых, технических, кормовых и овощных;

- систему плодосменных севооборотов, позволяющих поддерживать на оптимальном уровне плодородие пашни, восстановление и улучшение ее агрофизических и других свойств;

- систему технологических приемов для непрерывного производства продовольствия и увеличения урожайности полевых культур, в том числе системы энергосберегающих обработок почвы, применения удобрений, защиты растений, режимов орошения и др.

Структура посевов на мелиорируемых землях определяется направлением развития хозяйства, потребностью населения в продуктах питания, экономической целесообразностью производства той или иной продукции.

Выбор экономически целесообразной структуры посевной площади производится по стоимости валовой продукции, получаемой с рассматриваемых (сравниваемых) вариантов севооборотов и затратам на возделывание сельскохозяйственных культур. Пример расчета варианта кормового севооборота представлен в табличной форме (таблица 1) (использована методика расчета, предложенная учеными Новочеркасской государственной мелиоративной академии Ивановой И.В., Москаленко А.П., Ивановой Н.А., Сенчуковым Г.А. и др.) Критерием выбора наиболее экономически целесообразного варианта севооборотного участка является стоимость валовой продукции.

При выборе способа орошения необходимо учитывать хозяйственные и природные условия, характер орошаемых культур, условия механизации и агротехники, режим орошения и экономическую эффективность полива.

Орошение дождеванием – один из наиболее совершенных и перспективных способов регулярного орошения, позволяющих поддерживать в оптимальных пределах влажность не только почвы, но и приземного слоя

Таблица 1 - Техничко-экономические показатели возделывания с.-х. культур, цены на с.-х. продукцию следует пересматривать с учетом данных Федеральной службы государственной статистики по средним ценам производителей сельскохозяйственной продукции конкретного региона конкретного года

№ п.п	Сельскохозяйственная культура	Площадь, га	Урожайность, т/га	Закупочная цена, руб./т	Стоимость валовой продукции, руб.	Затраты труда		Издержки	
						чел.-ч/га	чел.-ч	руб/га	Руб
1	Многолетние травы	72,7	11	2475	1979257.5	47	3417	3900	283530
2	Многолетние травы	72,4	11	2475	1971090	47	3403	3900	282360
3	Многолетние травы + озимый рапс	59,7	50	1215	3626775	60	3582	5700	340290
4	Озимый рапс + кукурузно-сорго-соевая смесь	82,4	10	7500	6180000	40	3296	12600	1038240
			50	1440	5932800	70	5768	5500	453200
5	Кормовые корнеплоды	78,0	80	945	5896800	520	40560	12900	1006200
6	Злако-бобовая смесь + поукосно кукурузно-соево-сорго-подсолнечниковая смесь	77,2	40	1440	4446720	60	4632	4800	370560
			60	1440	6670080	80	6176	5500	424600
7	Однолетние бобово-злаковые смеси с поукосным подсевом суданской травы	77,3	40	1440	4452480	60	4638	4800	371040
			45	990	3443715	65	5024,5	4200	324660
8	Кукуруза на корм + многолетние травы	80,3	60	1080	5203440	85	6825,5	5700	457710
Итого		600			79685052		139715.2		8563824

воздуха, механизировать и автоматизировать полив, улучшить условия механизации всех сельскохозяйственных работ, сохранять структуру почвы при соответствующем качестве дождя, поливать участки с большими уклонами и сложным микрорельефом при менее тщательной планировке полей. Выбор техники полива производится с учетом природных и хозяйственных условий, рельефа орошаемой территории, площади севооборотного участка, состава культур, а также условий максимальной механизации и автоматизации полива.

Особую актуальность приобретают вопросы разработки водосберегающих режимов орошения в зависимости от степени природной увлажненности территории и в различные по влагообеспеченности годы. Растения по-разному требовательны к влаге в зависимости от периода роста и развития. Режим орошения должен быть дифференцированно нормированным во времени и по глубине увлажняемого почво-грунта. Оптимальные условия увлажнения складываются, когда влажность в корнеобитаемом слое почвы поддерживается поливами на уровне не ниже 75-80% наименьшей влагоемкости. Под влиянием орошения увеличиваются активная поглощающая поверхность корневой системы, поглощение корнями воды и питательных веществ, продуктивность фотосинтеза, снижается непродуктивное дыхание, повышается водоудерживающая способность листьев.

Установление поливного режима следует начинать с определения оросительной нормы, величина которой диктуется количеством осадков, погодой, типом почв, уровнем залегания грунтовых вод, дозами внесения удобрений и другими факторами [6]. Оросительная норма распределяется в течение вегетационного периода дифференцированно отдельными поливными нормами в соответствии с потребностями растений во влаге, запасами ее в почве и метеорологическими особенностями года.

В настоящее время наблюдается динамическое развитие технологий капельного полива сельскохозяйственных культур.

При капельном орошении обеспечивается экологическая стабильность участка орошения, достигается экономия водных ресурсов, уменьшается количество ядохимикатов, подаваемых на единицу орошаемой площади, снижается испарение влаги с поверхности земли и исключается водная эрозия почвы. При капельном орошении оросительная норма для одних и тех же культур оказывается значительно меньше, чем при других способах полива. Источниками для капельного орошения могут служить различные водные объекты (водоемы, водотоки и подземные воды) с небольшим дебитом. Поэтому, с позиции рационального использования остродефицитных водных ресурсов, системы капельного орошения будут являться одним из альтернативных вариантов оросительных систем будущего [7].

Примером эффективной работы системы орошения является возделывание кукурузы в ООО «Рассвет» Куйбышевского района Ростовской области, где при помощи капельного орошения худшие земли заставили работать вчетверо эффективнее лучших. Затраты на возделывание кукурузы составили 80 тыс. руб/га, а доход 180 тыс.руб/га. Площадь под капельным орошением расширена в хозяйстве уже до 1400 га. Капельная лента используется лишь один год, за-

траты окупаются. Последние годы показали, что меньше 150 ц/га кукурузы на капельном поливе в хозяйстве не получали. И такая урожайность гарантирует высокую доходность, сопоставимую с доходностью овощного гектара [8].

Для проектирования и расчета стоимости системы капельного орошения необходимы следующие данные [9]:

1. План орошаемого участка с указанием: точных размеров; схемы посадки сельскохозяйственных культур; полевых и технологических дорог; расположения источника воды; направления и величины уклона участка;

2. Характеристики водоисточника: химический анализ и минерализация воды; дебит источника. Потребление воды для капельного орошения в зависимости от культуры и стадии вегетации варьирует от 15 до 35 м³/штуки на 1 га.

3. Агрохимический анализ почвы для расчета системы питания и определения потребности в удобрениях.

При проектировании систем капельного орошения одной из важных целей исследований является выбор оптимального варианта технологической схемы и состава параметров сооружений для очистки воды на основании анализа данных о качестве воды в источнике и требований, предъявляемых к качеству воды капельницами, при обязательной увязке производительности очистных сооружений с расчетным расходом воды оросительной системы. Рациональность применения конкретного комплекса сооружений зависит от технологической и экономической эффективности их работы на конкретной воде, от принятого типа капельниц оросительной системы, что требует тщательной проработки на стадии методологического проектирования [7].

Анализ современного состояния сельскохозяйственного мелиоративного комплекса позволяет сформулировать актуальные цели научных исследований: создание технологий оптимального управления орошением сельхозкультур (с адаптивным изменением режимов орошения и полива, то есть адаптированным к текущим изменениям условий роста и развития растений); создание систем орошения и технологий орошаемого земледелия для различных типов агроландшафтов и реализуемых на них севооборотов, обеспечивающих снижение ресурсо- и трудоемкости и повышение качества их проектных решений и продукционной отдачи орошаемых сельхозугодий; оптимизация параметров капельного орошения для конкретных природных условий и растений; разработка типовых (модульных) компоновочно-конструктивных блоков оросительных систем для различных технологий орошения.

Список использованных источников

1. <https://aftershock.news/>; <http://news.samaratoday.ru/>.
2. Щедрин, В. Н. Концептуально-методологические принципы (основы) стратегии развития мелиорации как национального достояния России / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(33). – С. 1–11. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=585>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11.
3. Кузнецов Е. В., Хаджиди А. Е. Сельскохозяйственный мелиоративный комплекс для устойчивого развития агроландшафтов: монография / Е. В. Кузнецов, А. Е. Хаджиди. – Краснодар: изд-во ЭДВИ, 2014 – 200 с.

4. Пути совершенствования планового водопользования на оросительных системах: науч. обзор / В. Н. Щедрин, А. С. Штанько, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, С. Л. Жук, А. Е. Шепелев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 36 с. – Деп. в ВИНТИ 03.07.14, № 194-B2014.
5. https://rg.ru/pril/78/46/66/37_koncepciiia.pdf. Концепция федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы».
6. Шкура В.Н. Природообустройство и водопользование : учеб. пособие для студ. и магистрантов направл. – «Природообустройство и водопользование» / В.Н. Шкура, И.В. Новикова, Е.Н. Лунева; Новочерк. инж.-мелиор. ин-т ДГАУ – Новочеркасск, 2014. – 614 с.
7. Новикова И.В. Средства и технологии водоподготовки для капельного орошения сельскохозяйственных угодий / И. В. Новикова, Е. Н. Лунева, А. В. Грицай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(35). – С. 1–17. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=615>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17.
8. Батищев И.В. Расчет оросительной нормы кукурузы на зерно при капельном способе полива / И. В. Батищев, Е. Н. Лунева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 61–77.
9. <https://agrosektor23.ru/kapelnyj-poliv/>. Капельный полив и орошение. НТЦ «Агросектор».

References

1. <https://aftershock.news/>; <http://news.samaratoday.ru/>.
2. Shchedrin, V. N. Conceptual and methodological principles (bases) of the strategy of development of land reclamation as a national asset of Russia / V. N. Shchedrin, S. M. Vasiliev // Scientific journal of the Russian research Institute of land reclamation problems [Electronic resource]. – 2019. – № 1(33). – P. 1-11. - access Mode: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=585>. - DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11.
3. Kuznetsov E. V., Khadjidi A. E. Agricultural reclamation complex for sustainable development of agricultural landscapes: monograph / E. V. Kuznetsov, A. E. Khadjidi. – Krasnodar: publishing house of EDWY, 2014 – 200 p.
4. Ways to improve planned water use in irrigation systems: scientific review / V. N. Shchedrin, A. S. Shtanko, O. V. Voevodin, A. L. Kozhanov, S. L. Zhuk, A. E. Shepelev; FGBNU "Rosniipm". – Novocherkassk, 2014. - 36 p. - DEP. in VINITI 03.07.14, no. 194-V2014.
5. https://rg.ru/pril/78/46/66/37_koncepciiia.pdf. Concept of the Federal target program "Development of agricultural land reclamation in Russia for 2014-2020".
6. Shkura V. N. Nature management and water use: textbook. student's guide. and magistrantov direction - "Nature management and water use" / V. N. Shkura, I. V. Noviko-VA, E. N. Luneva; Novocherk. eng. - melior. in-t DGAU-Novocherkassk, 2014. – 614 p.
7. Novikova I. V. Means and technologies of water treatment for drip irrigation of agricultural lands / I. V. Novikova, E. N. Luneva, A.V. Gritsay // Scientific journal of the Russian research Institute of land reclamation problems [Electronic resource]. – 2019. – № 3(35). – P. 1-17. - access Mode: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=615>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17.
8. Batishchev I. V. Calculation of the irrigation rate of corn for grain in the drip method of irrigation / I. V. Batishchev, E. N. Luneva // Scientific journal of the Russian research Institute of problems of melioration [Electronic resource]. – 2018. – № 2(30). – Pp. 61-77.
9. <https://agrosektor23.ru/kapelnyj-poliv/>. Drip irrigation and irrigation. STC "Agrosector".

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Лунева Е.Н., Новикова И.В., Мангуш А.П.

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Новочеркасск, Россия

Аннотация. В статье приведены рекомендации по выбору состава очистных сооружений мелиоративных систем капельного орошения в зависимости от качества исходной воды. Рассмотрены конструктивные схемы и краткие характеристики отдельных очистных сооружений из списка наиболее распространенных и варианты схем водоочистки на системах капельного орошения.

Ключевые слова: качество оросительной воды, система капельного орошения, очистные сооружения, гидроциклон, фильтр центробежной очистки, сетчатые и пластинчатые фильтры, фильтр с плавающей загрузкой

TO THE ISSUE DESIGNING SYSTEM ELEMENTS DRIP IRRIGATION

Luneva E. N., Novikova I. V., Mangush A. P.

Novocherkassk engineering and reclamation Institute. A.K. Kortunov of the Donskoy state agrarian UNIVERSITY, Novocherkassk, Russia

Abstract. The article provides recommendations for choosing the composition of treatment facilities for reclamation systems of drip irrigation, depending on the quality of the source water. The design diagrams and brief characteristics of individual treatment facilities from the list of the most common ones and variants of water treatment schemes on drip irrigation systems are considered.

Keywords: irrigation water quality, drip irrigation system, treatment facilities, hydrocyclone, centrifugal filter, mesh and plate filters, floating loading filter

Надежность работы систем капельного орошения снижается из-за засорения капельниц и наблюдаемого разрушения водоводов, а также биологического загрязнения воды в них биогенными элементами [1].

При проектировании мелиоративных систем капельного орошения необходимо рационально подходить к выбору варианта технологической схемы и состава параметров сооружений для очистки воды в зависимости от технологической и экономической эффективности их работы на конкретной воде, от принятого типа капельниц оросительной системы. Предпочтительно выбирать сооружения безреагентной очистки воды, несложные по конструкции и изготовлению, обеспечивающие требуемое качество очищенной воды.

Примеры таких сооружений: бассейны-отстойники; сетчатые фильтры – для удаления из воды частиц песка и крупных частиц ила, а также для предупреждения попадания в трубопроводы крупных предметов; гидроциклоны – для удаления минеральных частиц, имеющих плотность больше или примерно равную плотности воды; микрофильтры и барабанные сетки – для удаления водорослей и грубодисперсных частиц взвеси; зернистые фильтры – для удаления мелкодисперсных и грубодисперсных частиц взвеси минерального и органического

ского происхождения, а также для обезжелезивания исходной воды. При необходимости одновременного осуществления нескольких технических приемов очистки, например, осветление воды и удаление водорослей или при большом содержании и резких колебаниях взвешенных веществ в исходной воде в течение поливного периода, в состав станций очистки могут включаться одновременно несколько типов очистных сооружений, перечисленных выше.

Выбор очистных сооружений можно осуществлять, основываясь на данных таблицы 1.

Приведем краткую характеристику отдельных очистных сооружений из списка наиболее распространенных [2].

Гидроциклоны - эффективно очищают воду от песка и механических частиц за счет центробежных сил, появляющихся при напорной подаче воды. Рациональным, применительно к системам очистки воды для целей капельного орошения, представляется использование в качестве первой ступени очистки компактных гидроциклонных установок, которыми оборудуют нагнетательные и всасывающие трубы насосов. Ограничением применения гидроциклонов в системах очистки воды для капельного орошения, как самостоятельного сооружения, является их низкий эффект работы на водах, мутность которых создана тонкодисперсными частицами низкой плотности.

Фильтр центробежной очистки воды предназначен для очистки природных поверхностных и подземных вод, а также сточных вод от механических примесей в системах капельного орошения садов и виноградников [2].

При использовании на орошение подземных вод фильтр центробежной очистки работает самостоятельно, дополнительная очистка воды при этом не требуется, а при использовании поверхностных и сточных вод фильтр центробежной очистки работает в комплексе с сетчатыми фильтрами.

Сетчатые и пластинчатые фильтры снабжены механизмом промывки обратным током воды и используются для удаления илистой фракции размером (10... 100) мкм. В сетчатом фильтре очистка обеспечивается специальным патроном. Размер ячеек сетки подбирают в зависимости от заданной степени очистки. Разновидность сетчатых фильтров - микрофильтры. В пластинчатых фильтрах очистка обеспечивается подачей воды через щелевые зазоры плотно сжатого пакета пластин.

Микрофильтры представляют собой вращающиеся сетчатые барабаны, размещенные в бетонном или металлическом резервуаре. Исходная вода поступает внутрь барабана, фильтруется через сетки и отводится в резервуар или трубопровод чистой воды. Загрязненная сетка промывается в обратном направлении очищенной водой с помощью напорного трубопровода с насадками, расположенными под барабаном параллельно его горизонтальной оси. Промывная загрязненная вода собирается в лоток и отводится за пределы микрорельефа. С помощью специального электропривода барабан непрерывно вращается со скоростью 0,1-0,3 м/с.

Таблица 1 – Выбор конфигурации очистных сооружений [3]

Производительность сооружений, м ³ /ч	Условия применения				Возможные варианты
	Качество исходной воды				
	взвешенные вещества, мг/л	концентрация гидробионтов, мг/л	количество железа, мг/л	характеристика взвеси	
23 – 1100 (НСФ)	< 50	20 – 50 (40-100 тыс. кл/мл)	-	Тонкодисперсная взвесь $d_{\phi} < 100$ мкм; водоросли $d_{\phi}=0,1-0,2$ мм	Напорные сетчатые автоматически промывные фильтры (НСФ), либо микрофильтры с непрерывной промывкой фильтрующего полотна (МФ), размер ячеек сеток – от 20 до 40 мкм (МФ), 70-250 мкм (НСФ)
100 – 896 (МФ) 416 – 3750 (БС)	50 – 200 <150 (КФ)	5 – 20 10-20 тыс. кл/мл	-	Взвесь полидисперсная $d_{\phi}=0,001 \dots 0,5$ мм; водоросли $d_{\phi}=0,01 \dots 100$ мм	Микрофильтры, барабанные сетки (БС) или напорные сетчатые фильтры + крупнозернистые кварцевые или гравийно-кварцевые фильтры (ГКФ); 25-250 мкм (БС); 200-2500 (НСФ)
10 – 20 (ГКФ) любая при ТЭО	200 – 300	<100 кл/мл (ГКФ) <1000 кл/мл	-	Взвесь полидисперсная $d = 0,01-0,5$ мм	Гидроциклоны + гравийно-кварцевые фильтры или фильтры с плавающей загрузкой
Любая при ТЭО	500 – 1000 500 (ФПЗ)	-	-	Взвесь полидисперсная с плотностью частиц $\rho \geq 1,0$ г/см ³ , $d=0,01-10$ мм	Гидроциклоны + гравийно-кварцевые фильтры; гидроциклоны + фильтры с плавающей загрузкой; фильтры с плавающей загрузкой
Любая при ТЭО	500 – 1000 500 (ФПЗ)	> 1000 < 500 (ФПЗ)	0,1 - 2	Взвесь полидисперсная $d=0,01-5,0$ мм	Ковши (бассейны отстаивания, земляные и бетонные отстойники + гравийно-кварцевые фильтры; тонкослойные отстойники + зернистые фильтры; гидроциклоны + фильтры с плавающей загрузкой
100 (ГКФ) любая ТЭО	-	-	2 - 15	Хлопья гидрооксида железа после аэрации	Упрощенная или принудительная аэрация в бассейнах + фильтры с зернистой, песчаной или пенополистирольной загрузкой

Примечание: 1. При наличии в исходной воде карбонатных отложений, серо- и железобактерий необходимо производить обработку воды CuSO_4 ; Cl_2 ; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; FeCl_3 ; NaClO и различными кислотами; 2. В каждом конкретном случае, в зависимости от физико-химических свойств воды и взвеси, эффект очистки должен уточняться экспериментальным путем для каждого водосточника; 3. Буквенное сочетание ТЭО обозначает понятие: технико-экономическое обоснование

К недостаткам работы такого сооружения следует отнести: постоянные затраты электроэнергии на вращение барабана, неизменность размера ячеек сетки в свету (обычно 40×40) при изменяющейся дисперсности частиц взвеси в исходной воде, низкий эффект осветления воды от тонкодисперсной взвеси (порядка 30-50%). При оценке качества очистки воды на микрофильтрах следует учитывать, что при различных перепадах уровней воды во входной камере и внутри барабана степень очистки будет различной.

Крупнозернистые фильтры - предназначены для удаления из оросительной воды частиц взвеси диаметром (50...80) мкм. Обычно при очистке поверхностных вод устанавливают не менее двух последовательно соединенных песчано-гравийных фильтров с обратной промывкой. Характеристика загрузки и основные параметры работы наиболее рациональных крупнозернистых фильтров приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные характеристики крупнозернистых фильтров

Тип фильтра и вид фильтрующего материала	Диаметр зерен загрузки, мм	Допустимое содержание взвеси в исходной воде, мг/л	Высота слоя загрузки, м	Скорость фильтрования, м/ч	Интенсивность промывки, л/см ²		Потери напора в загрузке, м
					водяной	воздушной	
Скорый однослойный, кварцевый песок	1,6-2,5	150	2,5-3,0	13-15	6-8	18-25	15
Напорный фильтр	1,1-2,0	150	1,3-2,0	20-25	18	-	10-12
Дробленый керамзит	1,6-3,0	300	2,0	20-25	23	-	10-12
По типу контактного осветлителя, безнапорный кварцевый песок	0,7-1,1	150	1,5-2,0	10-12	2,5-3,0	15-20	3,0

Основным условием, ограничивающим область применения крупнозернистых, кварцевых или гравийно-кварцевых фильтров, является их недостаточно высокая скорость фильтрования, требуемая большая толщина загрузки и сложность регенерации загрузки. Интенсифицировать работу крупнозернистых фильтров можно путем применения высокопористых фильтрующих материалов с хорошо развитой поверхностью. К таким материалам относятся дробленый керамзит, горелые породы, вулканические шлаки. Очистка воды на крупнозернистых гравийно-кварцевых фильтрах для систем капельного орошения может быть технически и экономически целесообразной при площадях орошения до 500 га и содержании взвеси в исходной воде не более 100-1500 мг/л.

Варианты схем водоочистки на системах капельного орошения показаны на рисунках 1, 2.

Подведем итоги. При небольших участках орошения (на площади до 15-100 га) и заборах воды из водохранилищ, в которых наблюдается незначительное цветение при исходной мутности воды не более 10-50 мг/л, узел водоочистки может включать фильтры-сетки с двумя типоразмерами сеток (1×1 мм,

0,05×0,05 мм). Сетки должны автоматически промываться обратным током воды при достижении заданного перепада давлений на них, фиксирующих степень загрязнения.

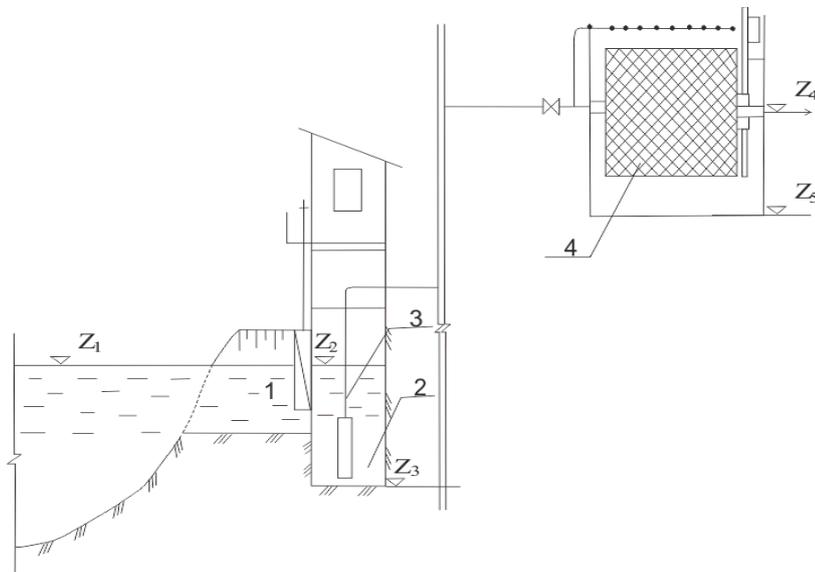


Рисунок 1 – Схема водоочистки на системах капельного орошения с предварительным хлорированием (купуросованием) и доочисткой на микрофильтрах:

1 – подача раствора медного купороса или хлора в подводящий канал; 2 – береговой водозаборный колодец; 3 – погружной насос; 4 - микрофильтр

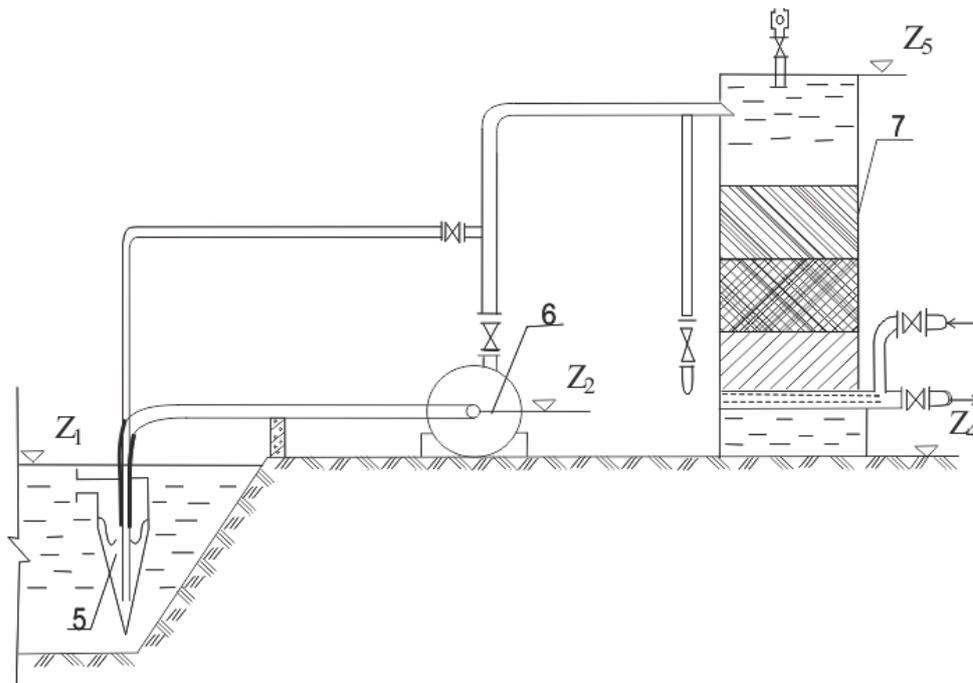


Рисунок 2 – Схема водоочистки на системах капельного орошения с гидроциклонами и напорными гравийно-песчаными фильтрами:

5 – гидроциклон; 6 - центробежные насосы; 7 – напорный щебеночно-кварцевый фильтр

При водозаборе из водохранилищ, озер и других открытых водоемов с интенсивным цветением воды оправданной может быть схема, при которой вода сначала предварительно хлорируется или обрабатывается медным купоросом, а затем поступает на микрофильтры, и после них – насосами подкачки подается в

сеть. При этом иногда целесообразным может быть предварительное хлорирование воды в подводящем канале.

Использование для целей орошения водоисточников с высоким содержанием взвешенных веществ в исходной воде (оросительные каналы, реки) вызывает необходимость двухступенчатой очистки. В качестве первой ступени могут быть использованы сетки, отстойники, микрофильтры и гидроциклоны. Последние рационально применять для удаления минеральных частиц, имеющих плотность больше плотности воды. В качестве сооружений глубокой доочистки воды применяют двухслойные гравийно-песчаные зернистые фильтры.

Такие схемы очистки оросительной воды более дорогостоящие по сравнению с одноступенчатыми. Вместе с тем, они обеспечивают более высокое качество оросительной воды и способствуют повышению надежности работы капельниц и поливных трубопроводов в заданных режимах.

При капельном орошении на больших площадях (500 га и больше) рациональным представляется применение для предварительной очистки от фитопланктона и взвешенных веществ микрофильтров с использованием барабанных металлических сеток с площадью отверстий до 0,025 мм².

Список использованных источников

1. Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учебное пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. – 200 с.
2. Новикова И.В. Средства и технологии водоподготовки для капельного орошения сельскохозяйственных угодий / И. В. Новикова, Е. Н. Лунева, А. В. Грицай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(35). – С. 1–17. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=615>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17.
3. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации систем капельного орошения: ВТР-П-28-81: утв. М-вом мелиорации и вод. хоз-ва СССР 08.05.81. – М.: Минводхоз СССР, 1981. – 180 с.

References

1. Vasiliev, S. M. Technical means of drip irrigation: textbook / S. M. Vasiliev, T. V. Korzhova, V. N. Shkura. Novocherkassk: Rosniipm, 2017. - 200 p.
2. Novikova I. V. Means and technologies of water treatment for drip irrigation of agricultural land / I. V. Novikova, E. N. Luneva, A.V. Gritsay // Scientific journal of the Russian research Institute of land reclamation problems [Electronic resource]. – 2019. – № 3(35). – P. 1-17. - access Mode: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=615>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17.
3. Guidelines for the design, construction and operation of drip irrigation systems: VTR-P-28-81: approved. Ministry of land reclamation and water. farm of the USSR 08.05.81. - M.: Minvodhoz of the USSR, 1981. - 180 p.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ИЗБЫТОЧНОГО ЕСТЕСТВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ДЕФИЦИТА ИСПАРЯЕМОСТИ НА ПРОЕКТИРУЕМОМ УРОВНЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

Максименко В.П., Губин В.К., Головинов Е.Э., Меньшикова С.А

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

***Аннотация.** В статье рассмотрены потенциальные возможности использования водных ресурсов в пределах вегетационного периода (апрель – сентябрь месяцы) в регионе избыточного естественного увлажнения с позиций необходимости создания гидромелиоративных систем с расширенными функциональными возможностями. В основу положен вероятностный метод оценки распределения месячных дефицитов испаряемости, рассчитываемых по данным многолетних суточных наблюдений о температуре, влажности воздуха и осадках, регистрируемых по стандартным методикам на стационарных метеостанциях. В качестве примера расчеты реализованы для центрального региона Нечерноземной зоны по м/с Дмитров за 47 лет. Осуществлен первичный анализ полученных результатов с акцентом на решение задач повышения эффективности использования водных ресурсов, поступающих непосредственно с осадками на территорию перспективного размещения гидромелиоративной системы, установления ее типа, параметров и возможностей системы поддерживать технологические процессы производства растениеводческой продукции на планируемом уровне и снижения диффузного стока в водоприемник.*

***Ключевые слова:** дефицит испаряемости, водный баланс, осушительно-увлажнительные гидромелиоративные системы, инженерно-технические решения, агро-технологии*

POSSIBILITIES OF USING WATER RESOURCES OF EXTRA-EXACT NATURAL HUMIDIFICATION DURING THE WARM PERIOD FOR COMPENSATION OF EVAPORATION DEFICIENCY AT THE PROJECT-TIRED SECURITY LEVEL

Maksimenko V.P., Gubin V.K., Golovinov E.E., Menshikova S.A.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

***Abstract.** The article considers the potential use of water resources during the growing season (April – September) in the region of excessive natural moisture with the need to create hydro-reclamation systems with expanded functionality. It is based on a probabilistic method for estimating the distribution of monthly evaporation deficits calculated from long-term daily observations of air temperature and humidity and precipitation recorded using standard methods at stationary weather stations. As an example, the calculations were implemented for the Central region of the non-Chernozem zone based on the Dmitrov weather station for 47 years. The primary analysis of the obtained results was carried out with a focus on solving the problems of increasing the efficiency of water resources use that directly come with precipitation to the territory of the prospective location of the hydro-reclamation system, determining its type, parameters and capabilities to support the technological processes of crop production and reducing diffuse flow into the water intake.*

Keywords: *evaporation deficits, water balance dehumidifying and moisturizing irrigation and drainage systems, engineering and technical solutions, agricultural technologies*

Ранее было показано, что количество формирующихся объемов естественных осадков за холодный период в условиях Центрального Нечерноземья не всегда достаточно для компенсации дефицита испаряемости в летний период на уровне более 60% обеспеченности [1]. Было предложено несколько вариантов решения задачи, один из которых включал возможность использования для этого водных ресурсов избыточного естественного увлажнения в летние месяцы. Были сделаны выборки, представленные в таблице и на рисунке, которые отражают характер вероятностных распределений дефицитов испаряемости за теплый период по месяцам для центрального региона Нечерноземной зоны.

Представленная характеристика вероятностного распределения дефицитов испаряемости позволяет дать количественную оценку напряженности метеорологических условий и рекогносцировочно определиться в потребностях осушения и орошения с целью обеспечения устойчивого ведения растениеводческого производства в регионе. По обеспеченности осадками в апреле, мае и июне вероятность избыточного увлажнения может составить в этом регионе от 26 до 29 случаев из 100, что свидетельствует о преобладающем характере недостаточной увлажненности территории в эти месяцы. Дефицит испаряемости на 75% уровне обеспеченности может составить в апреле 29,6 мм, в мае – 53,5 мм и в июне – 68,4 мм (рисунок – а).

Таблица - Вероятностное распределение дефицитов испаряемости (м³/га) за теплый период (апрель-сентябрь) по данным м/с Дмитров

М-цы	Обеспеченность, %								
	1	5	10	25	50	75	90	95	99
IV	-557	-326	-212	-36	140	296	419	484	578
V	-1023	-578	-363	-37	273	535	732	814	997
VI	-840	-559	-350	-10	344	684	974	1138	1439
VII	-1386	-1014	-803	-435	11	487	951	1236	1806
VIII	-1478	-980	-734	-355	21	353	613	750	986
IX	-1812	-1126	-815	-400	-64	153	272	317	358

Примечание: Знак минус означает избыточное естественное увлажнение при заданной обеспеченности.

Таким образом, потребность в орошении сельскохозяйственных культур будет формироваться в этом регионе каждый третий год, начиная с апреля месяца. Располагая такой информацией, проектировщик должен создавать такую систему, которая бы могла обеспечить производителя водой, начиная с апреля по июнь, в объеме 1515 м³/га при 75% обеспеченности дефицита испаряемости (если по сухости на заданном уровне эти месяцы следуют друг за другом).

Вторая половина лета или вегетационного периода (июль-сентябрь) имеет специфические особенности с позиций формирования дефицита испаряемости, которые оказывают существенное влияние на управление потоками водных ресурсов. В этот период увеличивается количество поступающей воды в виде ин-

тенсивных дождей. На 5% уровне обеспеченности такие поступления могут достигать: в июле – до 1014 и августе – до 980 м³/га, а в сентябре в виде затяжных дождей – до 1126 м³/га (рисунок б). Один раз в сто лет избыток поступления воды на мелиорированный участок может составить: в июле - 1386, в августе - 1478 и сентябре – 1812 м³/га (таблица). Такие явления очень редки и могут возникнуть для трех поколений один раз, но они реально существуют [2]. Например, при обработке представляемых в этой работе материалов было зафиксировано в 2013 году избыточное поступление атмосферных осадков в июле - 1518 и в сентябре – 2163 м³/га, а в 2016 году в августе – 1937 м³/га, что даже несколько больше, чем на 1% уровне обеспеченности [3]. Создание гидромелиоративной системы, которая бы полностью устраняла возникающую ситуацию с таким избыточным увлажнением, вероятнее всего экономически нецелесообразно. В этом случае надо искать возможные варианты снижения нагрузки от процесса избыточного естественного переувлажнения на производство путем дальнейшего совершенствования системы управления производством инженерно-техническими, агротехнологическими и экономическими методами.

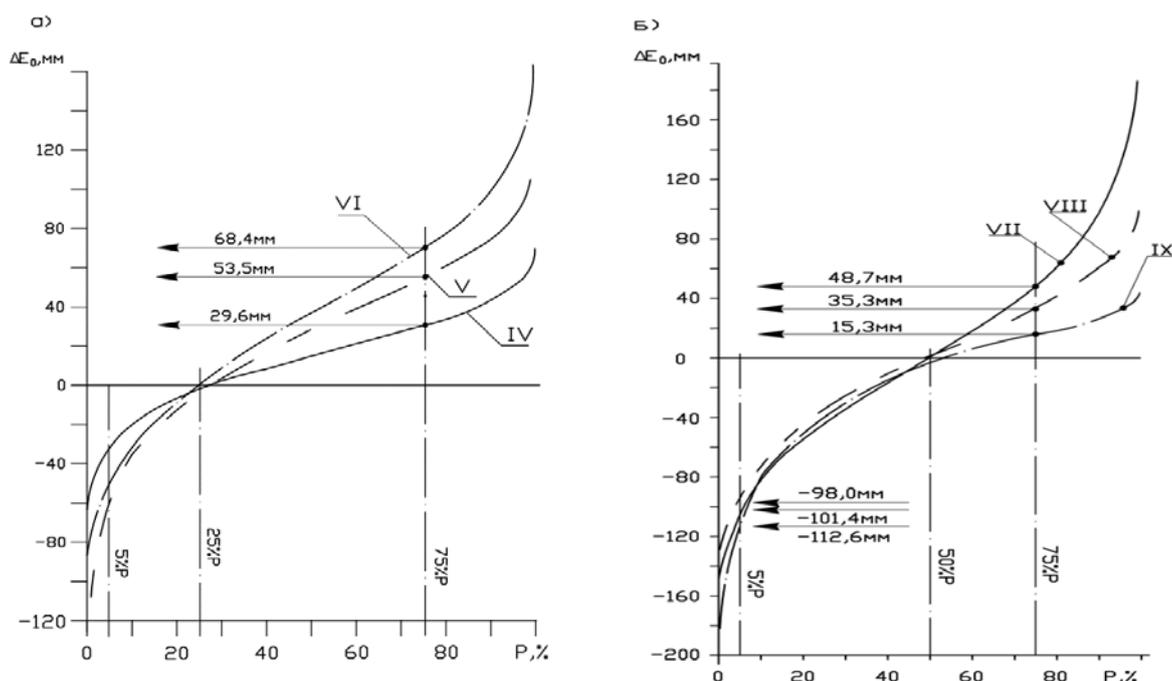


Рисунок – Графическая интерпретация вероятностного распределения месячных дефицитов испаряемости (мм) за апрель, май и июнь (а); июль, август и сентябрь (б) по данным м/с Дмитров

Рассмотрим ситуацию с естественным водообеспечением в июле, августе и сентябре (рисунок б), которая усложняется с одной стороны большим количеством выпадающих атмосферных осадков ливневого характера, а с другой - наибольшей обеспеченностью территории тепловыми ресурсами в июле и августе, когда потребность в воде возрастает с развитием сельскохозяйственных культур. Если ситуацию рассматривать в многолетнем разрезе, то распределе-

ние дефицитов испаряемости по избыточным и недостаточным годам распределено поровну. Вместе с тем по абсолютным значениям дефицит испаряемости на 75% уровне обеспеченности несколько меньше по сравнению с предыдущими месяцами и составляет в июле – 487, в августе – 353 и в сентябре – 153 м³/га. При этом с увеличением уровня обеспеченности до 95% резко возрастает в июле – в 2,5; августе – в 2,1 и сентябре – до 2,1 раза и в абсолютных значениях составляет в июле – 1236; в августе – 750 и сентябре – 317 м³/га (таблица).

При сравнении левой части графиков (избыточное увлажнение) с правой частью (дефицит испаряемости) видно, что они отражают равные объемы. Практически выпадающие осадки в каждом месяце перекрывают суммарный дефицит испаряемости, поэтому аккумулируя избыточно выпадающие осадки, их можно было бы использовать для покрытия дефицита испаряемости и решить проблему обеспечения производителя водными ресурсами на указанном уровне. Однако, совпадение ситуаций, когда осадки выпадают в начале месяца, а аккумулированную воду используем в последующем, имеет очень низкую совместимость. Как показывает практика, избыточное выпадение осадков во второй половине летнего периода, как правило, сопровождается большими ущербами для производства [2].

Что касается использования аккумулированной воды для покрытия дефицита испаряемости в сентябре, то, если учесть, что в этот период поливается в этом регионе только капуста, частичного аккумулирования воды в летние месяцы будет достаточно для покрытия дефицита водопотребления этой культуры.

В складывающейся ситуации с формированием водных балансов в регионе с избыточным естественным увлажнением и возникновением в летние месяцы от 70 до 50 случаев дефицита испаряемости, гидромелиоративные системы должны быть ориентированы не только на отвод избыточно поступающих объемов воды, но и на регулирование потоков воды с частичным ее аккумулированием и перераспределением.

Надо исходить из того, что только в 29 случаях из 100 избыточное естественное обеспечение водой за холодный период формируется в объемах, соответствующих покрытию дефицита испаряемости на уровне 75% обеспеченности и в 15 случаях – на уровне 95% обеспеченности [4]. Учитывая существующую реальность, при которой в природе не всегда избыток или недостаток влаги в холодный период будет компенсирован недостатком или избытком влаги в летний период, необходимо создавать такие системы, которые в автоматическом режиме аккумулировали бы часть избыточных атмосферных осадков, нивелируя частично, последующие дефициты. Необходимо отметить, что в отделе мелиорации земель ВНИИГиМ уже приступили к решению этой задачи. Получены первые патенты, подтверждающие инженерные решения автоматизации процессов поддержания устойчивого обеспечения посевов водой в условиях переменного поступления атмосферных осадков на мелиорированную территорию [5, 6].

В первом варианте задержание воды на осушаемом массиве обеспечивается за счет уменьшения стока из закрытого дренажа до того момента, когда общий фон увлажнения на системе достигнет заданного уровня осушения. В по-

следующем, при интенсивном поступлении осадков на участок происходит полное открытие дрен, и процесс оттока воды с осушаемого массива интенсифицируется [5]. Процесс регулирования стока из дрен происходит в автоматическом режиме. Объемы аккумуляции определяются заданной глубиной осушения и влагоемкостью почвогрунтов. При небольших объемах осадков на системе поддерживается заданный режим увлажнения в автоматическом режиме без участия оператора. В этом случае система работает по принципу субиригации, а увлажнение корнеобитаемого слоя достигается за счет капиллярного поднятия воды.

Во втором варианте функциональные возможности гидромелиоративной системы несколько расширены. Избыточный объем поступивших на участок осадков и талых вод принудительно аккумулируется в системе колодцев, расположенных на самых высоких отметках системы и уже из них в периоды возникновения дефицита водопотребления сельскохозяйственных культур вода в автоматическом режиме распределяется по дренажной системе на подкомандной площади [6]. Этот вариант системы также построен на методологическом подходе увлажнения корнеобитаемого слоя почвы на принципах субиригации, реализуемых способом аккумуляции дренажно-сбросного стока холодного периода и избыточного увлажнения осадками теплого периода. Насколько полно можно будет покрыть возможный график вероятностного распределения дефицитов испаряемости с использованием таких осушительно-увлажнительных систем двустороннего действия, зависит от возможных объемов аккумуляции воды в резервуарных колодцах и равномерности выпадения осадков в летний период. Независимо от того, как полно такая система будет обеспечивать покрытие дефицита испаряемости, сегодня можно уверенно утверждать, что ее функциональные возможности значительно шире по сравнению с существующими гидромелиоративными системами в регионе избыточного увлажнения.

Разработано еще несколько вариантов осушительно-увлажнительных систем, которые включают новые инженерно-технические решения, управление эксплуатацией которых базируется на оперативном мониторинге и реализации технологических процессов с использованием информационно-советующих систем. [7-9, 12].

Осушительно-увлажнительная система, новизна которой подтверждена патентом РФ № 2608050, включает закрытые дрены, сопряженные с коллекторами, оборудованными по длине колодцами-накопителями дренажного стока. Отличие системы состоит в том, что на таком колодце-накопителе смонтировано стационарно дождевальное устройство, включающее силовой агрегат, насос, компрессор, с регулируемой подачей воздуха, и специальный дождеватель [7]. Наличие равномерно распределенных на мелиорированном массиве колодцев-накопителей позволяет аккумулировать часть избыточно поступивших объемов воды холодного и летнего периодов, которые могут быть использованы в периоды формирования дефицита испаряемости.

Насколько рационально может быть использована аккумулятированная вода на такой системе зависит от оперативности и полноты контроля за испаряемостью с мелиорированного массива, применяемой технологии увлажнения, воз-

дельваемых культур, гидрофизических свойств почвы и других факторов. В частности, учитывая имеющийся опыт использования в сельском хозяйстве малых беспилотных летательных аппаратов, был предложен вариант увлажнительной системы, на которой оперативный мониторинг за состоянием увлажненности почвы осуществляется зондированием поверхности поля с использованием таких летательных аппаратов [8, 9].

Рассматривая вопросы избыточного водоотведения и, одновременно, аккумуляирования части воды для компенсации дефицита водопотребления сельскохозяйственных культур на одном и том же мелиорированном массиве нельзя обходить вопрос о водовместимости корнеобитаемого слоя почвы. В этом направлении есть определенный резерв и определенный эффект как с позиции повышения плодородия почв, так и создания предпосылок для увеличения влагоемкости почв и снижения напряженности метеорологических условий на сельскохозяйственные культуры в периоды формирования дефицита испаряемости.

Одной из дополнительных мер, способных снизить негативное влияние избыточно выпадающих осадков, может стать внесение удобрительно-мелиорирующих веществ, которые оказывают разрыхляющее, аэрирующее действие и имеющие гидрофизическую характеристику, создающую предпосылки для большего, чем у торфа аккумуляирования воды с последующей ее доступностью для растения. В этом случае эффективны будут длительно действующие материалы на основе пористых биогенных веществ. Такие материалы должны характеризоваться водопрочной пористой структурой, а химический состав должен восполнять недостающие питательные элементы и соответствовать экологическим требованиям. Этим критериям отвечает класс веществ на основе мочевино-формальдегидных смол.

Многочисленными исследованиями, проведенными сотрудниками ВНИИ-ГиМ, было показано, что внесение модификаций мочевино-формальдегидных удобрений способствует уменьшению плотности, увеличению пористости почвы [10]. Внесение их в почву может быть проведено как с заделкой в пахотный слой на глубину до 0,2 м, так и совокупно с глубоким рыхлением на глубину до 1,2 м. Разрыхляющий эффект будет прямо пропорционален дозе внесения мелиорирующего вещества в почву. При этом наблюдается водоаккумулирующий эффект, способствующий снижению напряженности в корнеобитаемом слое почвы на более продолжительное время в засушливые периоды. Продолжительность действия мочевино-формальдегидных удобрений зависит от периода их деструкции, определяемого кислотностью и микробиологической активностью почвы. Очевидно, что на разных типах почв период действия таких веществ будет иметь разную продолжительность, но достоверно установлено, что для слабокислых почв он составляет не менее 3...5 лет [11].

Имеющийся опыт свидетельствует о том, что решение задачи снижения негативного воздействия на сельскохозяйственные культуры дефицита испаряемости можно достичь и при непосредственном управлении распределением воды на массиве за счет организации оперативного мониторинга, создания ин-

формационных систем, проектирующих продуктивность посевов в целом по системе при ограниченных водных ресурсах [12].

Выводы

1. В последние годы разработан ряд осушительно-увлажнительных систем на основе методологических подходов решения задач по их совершенствованию и расширению функциональных возможностей, включающих инженерно-технические решения, применения оперативного мониторинга за стохастически изменяющимися погодными условиями на гидромелиоративной системе и информационно-советующих систем оперативного управления технологическими процессами в режиме реального времени.

2. Дальнейшее совершенствование мелиораций в обозначенном направлении сдерживается отсутствием экспериментальных исследований, при которых можно было бы в реальных условиях осуществлять апробацию новых технических решений и технологических процессов с оценкой их фактической эффективности и экологической безопасности.

Список использованных источников

1. Максименко В.П., Стрельбицкая Е.Б., Соломина А.П., Айриян Н.В. Возможности реализации рециклинга на осушительно-увлажнительных системах гумидной зоны // Природообустройство. – 2016. - № 2. – С. 87 – 94.
2. Янко Ю.Г., Петрушин А.Ф. О некоторых причинах переувлажнения и повторного заболачивания сельскохозяйственных земель в Ленинградской области // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. - № 4. – С. 36 – 38.
3. Максименко В.П., Волчкова Т.Л., Меньшикова С.А., Айриян Н.В. Обоснование необходимости проведения оперативного мониторинга на осушительно-увлажнительных системах // Основные результаты научных исследований института за 2017 год: сборник научных трудов. – М.: Изд. ВНИИГиМ, 2018. – С. 240 – 248.
4. Максименко В.П., Головинов Е.Э. К вопросу о количественных характеристиках элементов водного баланса при регулировании режимов влажности почвы на осушительно-увлажнительных системах // Научно-методическое обеспечение развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса: сборник научных трудов. – М.: Изд. ВНИИГиМ, 2020. – С. 124-129.
5. Губин В.К., Максименко В.П. Мелиоративная система // Патент РФ № 2608052, С2, МПК, Е02В 11/00 (2006.01); патентообладатель ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», заявка № 2015118950 от 21.05.2015 г., опубликовано: 12.01.2017. - Бюл. № 3.
6. Губин В.К. Водооборотная осушительно-увлажнительная система // Патент РФ №2655799, МПК Е 02 В11/00; патентообладатель ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»; заявка №2017130842 от 31.08.2017; опубл. 29.05.2018.
7. Губин В.К., Храбров М.Ю., Максименко В.П., Кудрявцева Л.В., Соломина А.П., Стрельбицкая Е.Б. Осушительно-увлажнительная система // Патент РФ № 2608050, С1, МПК, Е02В 11/00 (2006.01); патентообладатель ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», заявка № 2015142674 от 08.10.2015 г., опубликовано: 12.01.2017. - Бюл. № 3.
8. Губин В.К., Матвеев А.В., Максименко В.П. Оросительная сеть // Патент РФ № 2620008, С2, МПК, Е02В 11/00 (2006.01); патентообладатель ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», заявка № 2016119315 от 19.05.2016 г., опубликовано: 22.05.2017. - Бюл. № 3.
9. Шевченко В.А., Максименко В.П., Губин В.К., Матвеев А.В. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в мелиорации // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. - № 2. – С. 23 - 26.

10. Максименко В.П., Губин В.К., Меньшикова С.А. Восстановление почвенного плодородия с использованием модификации карбамидоформальдегидного удобрения // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. - № 3. – С. 29 – 30.
11. Будажапов Л.В., Билтуев А.С., Уланов А.К. Статистика и кинетика изменения азотного фонда почвы и урожая зерновых культур под воздействием азота медленнодействующего удобрения // Вестник Бурятского ГУ. Биология, география. – 2018. - № 1. – С. 54 – 61.
12. Головинов Е.Э., Добрачев Ю.П. Оперативное управление поливами на крупных оросительных системах закрытого типа // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2008. - № 6. - С. 31-33.

References

1. V. P. Maximenko, E. B. Strelbitskaya, A. P. Solomina, N. V. Airiyan Possibility of implementation of recycling on drying-humidifying systems of the damp area // ENVIRONMENTAL ENGINEERING. – 2016. - № 2. – P. 87 – 94.
2. Ianko Iu.G., Petrushin A.F. Some causes of waterlogged reclaimed land in the Leningrad region and measures to reduce them // Land reclamation and water management. – 2018. - № 4. – P. 36 – 38.
3. Maximenko V.P., Volchkova T.L., Menshikova S.A., Ayriyan N.V. Substantiation of the need for operational monitoring on drainage and humidification systems// The main results of scientific research of the Institute for 2017: a collection of scientific papers. – M.: VNIIG im. A. N. Kostyakova, 2018. – P. 240 – 248.
4. Maximenko V. P., Golovinov E. E. On the question of quantitative characteristics of water balance elements in the regulation of soil moisture regimes on drainage and humidification systems // Scientific and methodological support for the development of land reclamation and water management complex: collection of scientific works. VNIIG im. A. N. Kostyakova, 2020. - P. 124-129.
5. Gubin V. K., Maximenko V. P. Meliorative system // Patent of the Russian Federation no. 2608052, S2, IPC, E02B 11/00 (2006.01); patent holder of the FGBNU "VNIIG im. A. N. Kostyakova", application no. 2015118950 of 21.05.2015, published: 12.01.2017. - bul. N 3.
6. Gubin V. K. Water circulation dehumidifying and humidifying system // Patent of the Russian Federation no. 2655799, IPC E02B 11/00; patent holder of the VNIIG im. A. N. Kostyakova; application no. 2017130842 dated 31.08.2017; publ. 29.05.2018.
7. Gubin V. K., Khrabrov, M. Yu., Maximenko V. P., Kudryavtseva L. V., Solomyon A. P., Strelbitsky E. B. Drying and humidifying system // Patent of the Russian Federation no. 2608050, C1, IPC, E02B 11/00 (2006.01); patent holder of the VNIIG im. A. N. Kostyakova, application no. 2015142674 dated 08.10.2015, published: 12.01.2017. - bul. N 3.
8. Gubin V. K., Matveev A.V., Maximenko V. P. Irrigation network // Patent of the Russian Federation no. 2620008, S2, IPC, E02B 11/00 (2006.01); patent holder of the VNIIG im. A. N. Kostyakova, application no. 2016119315 dated 19.05.2016, published: 22.05.2017. - bul. N 3.
9. Shevchenko V. A., Maximenko V. P., Gubin V. K., Matveev A.V. Prospects for the use of unmanned aerial vehicles in land reclamation // Melio-radio and water management. - 2018. - № 2. - Pp. 23-26.
10. Maximenko V. P., Gubin V. K., Menshikova S. A. Restoration of soil fertility using modification of urea-formaldehyde fertilizer // Melioration and water management. - 2017. - № 3. - Pp. 29-30.
11. Budazhapov L. V., Biltuev A. S., Ulanov A. K. Statistics and kinetics of changes in the nitrogen fund of soil and grain crops under the influence of nitrogen slow-acting fertilizer // Bulletin of the Buryat state University. Biology, geography. – 2018. - № 1. – P. 54 – 61.

12. Golovinov E. E., Dobrachev Yu. P. Operational management of irrigation on large closed-type irrigation systems // Bulletin of the Russian Academy of agricultural Sciences, 2008, N 6, Pp. 31-33.

УДК 631: 51-74

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.11.69.020

ТРЕБОВАНИЯ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ К УСЛОВИЯМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Маркин В.Н.

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

***Аннотация.** Мелиоративное воздействие направлено на сохранение естественного режима почвообразования путем учета требований почвенной биоты к фактору внешней среды, например: влажности почвы и температуре. Одна из задач, которую надо решить, связана с моделированием требований почвенной биоты к регулируемому фактору. В работе приведены результаты численного эксперимента по анализу чувствительности однофакторной модели к входящим в нее параметрам: оптимальное значения фактора и коэффициент саморегуляции.*

***Ключевые слова:** почвенная биота, требования почвенной биоты, дождевые черви, модель продуктивности, чувствительность модели к параметрам, фактор внешней среды*

REQUIREMENTS OF SOIL BIOTA TO ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Markin V. N.

Kostyakov Institute of land reclamation, water management and construction of the Russian state agrarian University -Timiryazev Moscow state agricultural Academy, Moscow, Russia

***Abstract.** The reclamation is aimed at preserving the natural mode of soil formation by taking into account the requirements of the soil biota for environmental factors, such as soil moisture and temperature. One of the tasks to be solved is related to modeling the requirements of soil biota for a regulated factor. The work presents the results of a numerical experiment to analyze the sensitivity of a single-factor model to its parameters: the optimal value of the factor and the self-regulation coefficient.*

***Keywords:** soil biota requirements, earthworms, productivity model, model sensitivity to parameters, environmental factor*

Мелиоративное воздействие позволяет регулировать водно-воздушный режим почв, для создания оптимальных условий произрастания растений и жизнедеятельности почвенной биоты. Это вызвано необходимостью сохранения и повышения почвенного плодородия, с одной стороны и получения высоких гарантированных урожаев, с другой. Растение, почвенная биота и косное вещество почвы образуют единую систему (биоценоз). Биоценоз формируется в конкретных природно-климатических условиях, что определяет видовой состав растительных и животных организмов, почвообразовательные процессы, тип почв и их плодородие [2]. Почвенная биота и естественная растительность соответ-

ствуют абиотическим параметрам и характеристикам природных почв [4]. Что касается сельскохозяйственных растений, то как интродуцированные организмы из других условий, их требования отличаются от условий выращивания. Это требует определенных усилий по изменению природных условий. Последнее ведет к ухудшению условий существования почвенной биоты, а значит и самих почв. К основным почвообразовательным факторам относятся влажность и температура почвы, которыми человек может, в той или иной степени, управлять посредством осуществления мелиоративных мероприятий. Сохранить естественный режим почвообразования возможно путем учета требований, не только растений, но и почвенной биоты. Требования почвенной биоты учитываются с помощью индикаторных организмов, среди которых широкое распространения получили дождевые черви [1]. В этом случае одна из задач, которую надо решить для управления водно-воздушным режимом почв, связана с моделированием требований почвенной биоты к регулируемому фактору. Требования почвенной биоты к фактору внешней среды - это количественное выражение зависимости их продуктивности от значений рассматриваемого фактора. В частности, требования биоты к водному режиму почв - это зависимость их биомассы (U_w) от почвенных влагозапасов (w) [5].

$$S = \left(\frac{w}{w_{opt}} \right)^{\gamma w_{opt}} \times \left(\frac{1-w}{1-w_{opt}} \right)^{\gamma(1-w_{opt})}$$

где: γ - коэффициент, учитывающий саморегуляцию организмов к условиям среды; S - относительная биомасса почвенной биоты, представляющая собой отношение фактической биомассы (U) к максимально возможной (U_{max}) в конкретных условиях; w - относительная влажность почвы, доли ед.; w_{opt} - оптимальная относительная влажность почвы.

$$w = \frac{w - ВЗ}{ПВ - ВЗ}$$

где: ВЗ, ПВ - соответственно, влажность завядания и полная влагоемкость почв.

Требования биоты определяются коэффициентом саморегуляции (γ) и оптимальной влажностью почвы (w_{opt}). Оба параметра однозначно связаны. Оптимальная область ($0,8 < S \leq 1$) соответствует условиям, к которым дождевые черви максимально приспособлены. Поэтому, в реальных условиях, влажность почвы поддерживают в пределах оптимального диапазона регулирования (Δw). Проведенный численный эксперимент позволил получить зависимость коэффициента саморегуляции (γ) от диапазона регулирования фактора (Δw). Ошибка определения коэффициента γ в зависимости от w_0 на разных уровнях продуктивности S находится в пределах 5...25%. При этом для продуктивности $S \geq 0,6$ ошибка не превышает 10%.

Из рисунка 1 видно, что наибольшее влияние оказывает уровень продуктивности S . При диапазоне регулирования Δw стремящемся к 1,0 значение коэффициента γ асимптотически стремится к 0,0. При диапазоне регулирования Δw стремящемся к 0,0 значение коэффициента γ стремится к ∞ . Формула для выражения зависимости $\gamma = f(\Delta w)$ соответствует степенной функции:

$$\gamma = a \times \Delta w^{-b}$$

Значение коэффициента (a) выражается в виде:

$$a = (1 - S)$$

Коэффициент (b) хорошо описывается линейной зависимостью от уровня продуктивности:

$$b = -3S + 5$$

Учитывая сказанное, получим:

$$\gamma = (1 - S) \times \Delta w^{(-3 \times S + 5)}$$

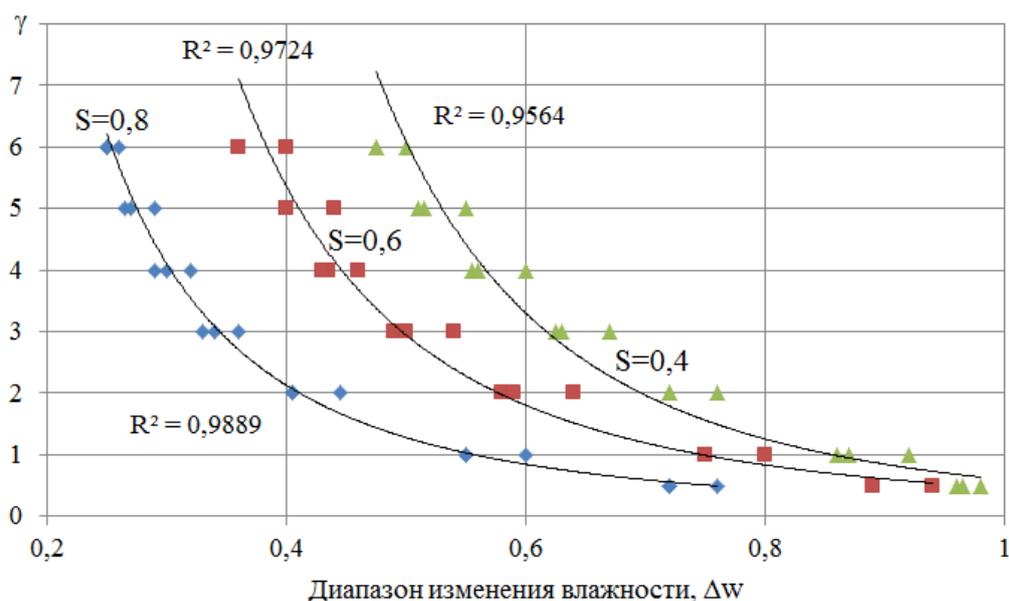


Рисунок 1 - Зависимость коэффициента саморегуляции (γ) от диапазона регулирования почвенных влагозапасов (Δw) на разных уровнях продуктивности (S)

Оценка чувствительности модели к входящим параметрам

Использование полученной зависимости для управления почвенными влагозапасами требует знания величины диапазона регулирования и хотя бы одного его предельного значения, например, левый предел диапазона регулирования (w_1) с учетом оптимального значения фактора w_0 . В общем виде зависимость w_1 от Δw хорошо описывается параболой:

$$w_1 = -a \cdot \Delta w^2 + b \cdot \Delta w + c$$

Параметры зависимости аппроксимируются прямолинейными функциями с аргументом w_0 .

$$w_1 = (-1,4 \cdot w_0 + 0,7) \cdot \Delta w^2 + (-0,5 \cdot w_0 - 0,25) \cdot \Delta w + w_0$$

Использование математической модели требует ее исследования, в данном случае для определения допустимой точности определения величины диапазона регулирования факторов внешней среды обитания растений. Это можно сделать путем определения чувствительности модели к изменению входящих в нее параметров: коэффициент саморегуляции (γ) и оптимальное значение фактора (φ_0). Чувствительность модели к изменению данных параметров определяется с помощью производной функции по данным параметрам:

$$S' \varphi_0 = f(\varphi_0) \quad S' \gamma = f(\gamma_0)$$

Производная представляет собой интенсивность изменения функции при изменении параметра, поэтому появляется возможность определить:

- малочувствительный диапазон параметра;
- требуемую точность определения параметра;
- точность определения диапазона регулирования фактора среды.

Вопросы оценки чувствительности модели к ее параметрам и точности решаются с помощью коэффициента чувствительности [3]:

$$K = \left| \frac{dS}{d\varphi_{opt}} \right| \times \left| \frac{\varphi_{opt}}{S} \right|$$

Данную формулу можно переписать в виде:

$$K = \left| \frac{dS}{S} \right| \times \frac{1}{\left| \frac{d\varphi_{opt}}{\varphi_{opt}} \right|} = \frac{\Delta S}{\Delta \varphi_{opt}} \text{ или } \Delta S = K \times \Delta \varphi_{opt}$$

где: ΔS , $\Delta \varphi_{opt}$ – соответственно, ошибка определения функции и параметра. Если задаться значением чувствительности (например, соответствующим «средней» чувствительности $0,3 \leq K \leq 1$) и допустимой величиной ошибки определения параметра (для влажности почвы $\Delta \varphi_{opt} = 5 \dots 10\%$) можно определить ошибку функции ΔS .

Оценка чувствительности модели к оптимальному значению фактора

Оценка чувствительности модели к ее оптимальному значению определяется по формуле:

$$K = \left| \frac{dS}{d\varphi_{opt}} \right| \times \left| \frac{\varphi_{opt}}{S} \right|$$

Первая производная $\frac{dS}{d\varphi_{opt}}$ функции S по значению w_{opt} определяется, используя формулу дифференцирования сложной функции, состоящей из двух множителей:

$$A = \left(\frac{w}{w_{opt}}\right)^{\gamma w_{opt}} \quad B = \left(\frac{1-w}{1-w_{opt}}\right)^{\gamma(1-w_{opt})}$$

Используя обозначения, функция продуктивности и формула дифференцирования имеют вид:

$$S=AB, \quad S'=A'B+AB'$$

Каждый множитель дифференцируется как показательная степенная функция. Для удобства вводятся обозначения.

Для параметра A:

$$A' = V_A \times U_A^{\gamma A - 1} \times U_A' + U_A^{\gamma A} \times V_A' \times \ln(U_A)$$

$$U_A = \left(\frac{\varphi}{\varphi_{opt}}\right) \quad V_A = \gamma \times \varphi_{opt}$$

Производные данных функций выражаются в виде:

$$U_A' = \frac{1-\varphi}{(1-\varphi_{opt})^2} \quad V_A' = -\gamma$$

$$A' = \gamma \times \left(\frac{\varphi}{\varphi_{opt}}\right)^{\gamma \times \varphi_{opt}} \times \left[\ln\left(\frac{\varphi}{\varphi_{opt}}\right) - \varphi \right]$$

Для параметра B:

$$B' = V_B \times U_B^{\gamma B - 1} \times U_B' + U_B^{\gamma B} \times V_B' \times \ln(U_B)$$

$$U_B = \left(\frac{1-\varphi}{1-\varphi_{opt}}\right) \quad V_B = \gamma \times (1 - \varphi_{opt})$$

Производные данных функций имеют вид:

$$U_B' = \frac{(1-\varphi)}{(1-\varphi_{opt})^2} \quad V_B' = -\gamma$$

$$B' = \gamma \times \left(\frac{1-\varphi}{1-\varphi_{opt}}\right)^{\gamma \times (1-\varphi_{opt})} \times \left[1 - \varphi - \ln\left(\frac{1-\varphi}{1-\varphi_{opt}}\right) \right]$$

Подставляя полученные выражения в формулу производной функции получим:

$$S'_{\varphi_{opt}} = \gamma \times S \times \left[1 - 2 \times \varphi + \text{Ln} \left(\frac{\varphi \times (1 - \varphi_{opt})}{\varphi_{opt} \times (1 - \varphi)} \right) \right]$$

Оценка чувствительности модели к коэффициенту саморегуляции

Оценка чувствительности модели к коэффициенту саморегуляции определяется с помощью коэффициента чувствительности:

$$K = \left| \frac{dS}{d\gamma} \right| \times \left| \frac{\gamma}{S} \right|$$

Производная функции продуктивности $\frac{dS}{d\gamma}$ по параметру γ определяется с помощью формулы дифференцирования показательной функции. При этом используются обозначения сделанные для выше.

$$S=AB \quad S'=A'B+AB'$$

Для параметра А:

$$A=a^b \times \text{Ln}(a)$$

$$a = \left(\frac{\varphi}{\varphi_{opt}} \right) \quad b = \gamma \times \varphi_{opt}$$

Производные данных функций имеют вид:

$$A' = \gamma \times \left(\frac{\varphi}{\varphi_{opt}} \right)^{\gamma \times \varphi_{opt}} \times \text{Ln} \left(\frac{\varphi}{\varphi_{opt}} \right)$$

Для параметра В:

$$B=a^b \times \text{Ln}(a)$$

$$a = \left(\frac{1-\varphi}{1-\varphi_{opt}} \right) \quad b = \gamma \times (1 - \varphi_{opt})$$

Производные данных функций имеют вид:

$$U'_B = -\gamma \times \left(\frac{1-\varphi}{1-\varphi_{opt}} \right)^{\gamma \times (1-\varphi_{opt})} \times \text{Ln} \left(\frac{1-\varphi}{1-\varphi_{opt}} \right)$$

Подставляя полученные выражения в формулу производной функции получим:

$$S'_\gamma = \gamma \times S \times \text{Ln} \left(\frac{\varphi \times (1 - \varphi_{opt})}{\varphi_{opt} \times (1 - \varphi)} \right)$$

Коэффициент чувствительности K_γ определяется выражением:

$$K_{\gamma} = \gamma^2 \times \text{Ln} \left(\frac{\varphi \times (1 - \varphi_{opt})}{\varphi_{opt} \times (1 - \varphi)} \right)$$

Выводы

Изменение коэффициентов чувствительности модели биопродуктивности к параметрам показана на рисунке 2. Откуда видно, что при оптимальном значении фактора больше $0,78 \leq \varphi_{opt} \leq 0,83$ чувствительность средняя, а при больших значениях чувствительность становится сильной. Оптимальная влажность почвы для дождевых червей $w_{opt} = 0,70 \dots 0,85$, поэтому данный параметр оказывает слабое влияние на функцию требований растений. Однако, допустимая ошибка определения w_{opt} должна составлять $\leq 7\%$, в этом случае получаемое значение функции продуктивности на уровне $S \geq 0,6$ не будет превышать 20%.

Средняя чувствительность модели к параметру γ соответствует диапазону $0,3 \leq \gamma \leq 0,68$. При больших значениях чувствительность становится сильной. Коэффициент саморегуляции дождевых червей к почвенным влагозапасам $\gamma > 3$, что делает данный параметр модели продуктивности существенным. Однако для диапазона продуктивности $S \geq 0,6$ ошибка определения γ может составить 20...40%, при этом ошибка определения S не превышает, соответственно: 13...17%.

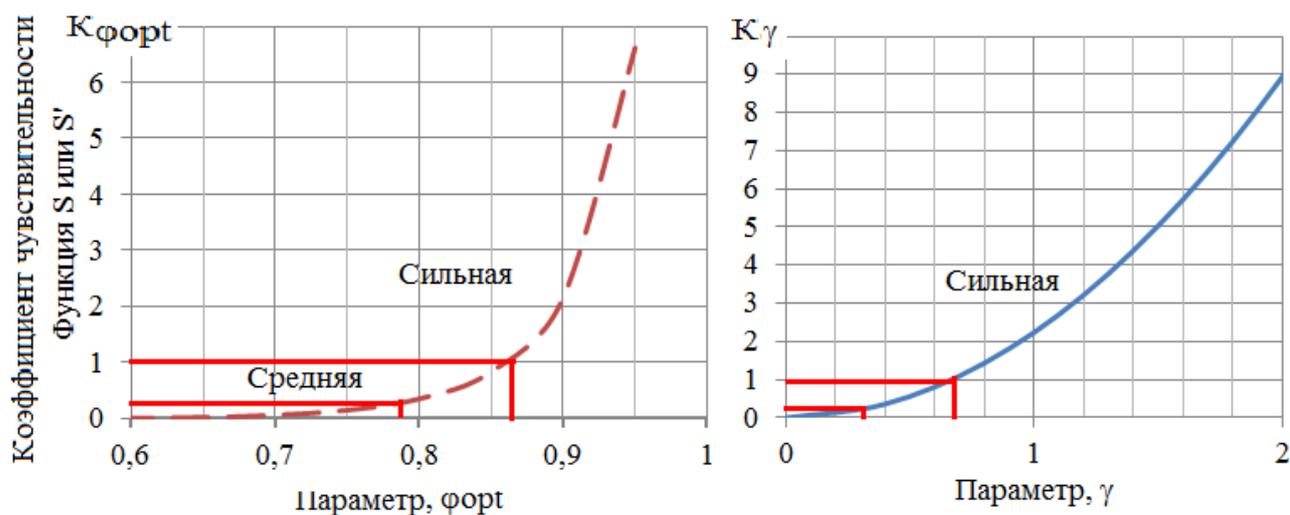


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента чувствительности функции продуктивности к параметрам: оптимальному значению фактора (φ_{opt}) и коэффициенту саморегуляции (γ)

Список использованных источников

1. Влияние мелиораций на комплексность почвенного покров – [Электронный ресурс] – Studwood – [Режим доступа] <https://studwood.ru> – (дата обращения 08.10.2019).
2. Возникновение и развитие почв. Факторы почвообразования [Электронный ресурс] - <https://helpiks.org> (дата обращения 06.03.2020).
3. Глаголев М.В. Анализ чувствительности модели // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 3. -2012. - № 3. - С. 31-53.
4. Маркин В.Н. Способы определения требований растений к содержанию N, P, K в почве /В.Н. Маркин // Доклады ВАСХНИЛ. –№ 4. – М. 1987. – С. 42-45.

5. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Особенности системы мониторинга при осуществлении точной мелиорации / В.В. Шабанов, В.Н. Маркин. // Материалы II Международной научной конференции «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего», посвященной памяти академика Е. И. Ермакова Санкт-Петербург, 02–04 октября 2019 г.- СПб.: ФГБНУ АФИ, 2019. -С. 964-970.

References

1. The Impact of land reclamation on the complexity of soil cover – [Electronic resource] – Studwood –[access Mode] <https://studwood.ru> – (accessed 08.10.2019).
2. Emergence and development of soils. Factors of soil formation [Electronic resource] - <https://helpiks.org> (accessed 06.03.20).
3. Glagolev M. V. Model sensitivity Analysis // Dynamics of the environment and global climate change. Vol. 3. -2012. - N 3. - Pp. 31-53.
4. Markin V. N. Ways to determine the requirements of plants for the content of N, P, K in the soil / V. N. Markin // Reports of VASHNIL. - N 4. -M. 1987. - P. 42-45.
5. Shabanov V. V., Markin V. N. Features of the monitoring system in the implementation of accurate land reclamation / V. V. Shabanov, V. N. Markin. // Materials of the II International scientific conference "Trends in the development of agrophysics: from actual problems of agriculture and crop production to technologies of the future", dedicated to the memory of academician E. I. Ermakov St. Petersburg, 02-04 October 2019-St. Petersburg: FGBNU AFI, 2019. - Pp. 964-970.

УДК 631.6:631.67.03

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.21.92.021

СРЕДСТВА ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Новикова И.В., Лунева Е.Н., Денисов В.В.

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Новочеркасск, Россия

Аннотация. В статье сформулированы требования к качеству оросительной воды в зависимости от характера истечения воды. Предлагаются варианты компоновки очистных сооружений в системах капельного орошения. Приведены краткие характеристики очистных сооружений из списка наиболее распространенных.

Ключевые слова: качество оросительной воды, система капельного орошения, очистные сооружения, отстойники, микрофильтр, фильтр с плавающей загрузкой

WATER TREATMENT FACILITIES FOR DRIP IRRIGATION OF AGRICULTURAL LAND

Novikova I. V., Luneva E. N., Denisov V. V.

Novocherkassk engineering-meliorative Institute. A. K. Kortunov of the Donskoy state agrarian UNIVERSITY, Novocherkassk, Russia

Abstract. The article defines the requirements for irrigation water quality depending on the nature of water outflow. Options for the layout of treatment facilities in drip irrigation systems are offered. Brief characteristics of treatment facilities from the list of the most common ones are given.

Key words: quality of irrigation water, drip irrigation system, sewage treatment plants, septic tanks, microfilter, filter with float-ing download

Важным аспектом систем капельного орошения является надежность. Главная причина выхода систем капельного орошения из строя - засорение капельниц. Чтобы избежать механического засорения, необходимо применять эффективную систему фильтрации и первым шагом является выбор источника воды, которая будет использоваться для орошения, а также разработка системы мероприятий, связанных с адаптацией капельной системы к водным источникам [1].

Содержание примесей в речной воде, как источнике орошения для капельного полива, колеблется в широком диапазоне. После очистки речная вода может содержать большое количество органических веществ и взвесей. Если в качестве источника орошения используются озера или водоемы, то в летний период в процессе разложения органических взвесей в несмешиваемом придонном слое воды озер и водоемов могут накапливаться растворенные в воде соединения железа и марганца, сероводород и другие продукты метаболизма. В таких водоемах вода наивысшего качества находится на средней глубине несколько выше данного слоя, где следует проводить водозабор воды. В органическую взвесь входят: бактерии, одноклеточные организмы, колонии сине-зеленых водорослей, личинки насекомых, клещей, дафний размером от 1 до 1300 микрон. Вода из скважин обычно содержит малую концентрацию органических веществ, имеет вероятность поступления с водой песка, часто характеризуется повышенным содержанием железа, марганца, высокой жесткостью.

Поэтому, проектируя инженерную компоновочную сеть системы капельного орошения, необходимо иметь обстоятельные данные о качестве воды в источнике орошения, сопоставительный анализ с требованиями, предъявляемыми к качеству воды капельницами, определить оптимальный состав очистных сооружений при обязательной увязке их производительности с расчетным расходом воды, подаваемую на мелиоративную систему [2].

Примеры схем расположения очистных сооружений на системах капельного орошения приведены на рисунке 1.

Вода, используемая для капельного орошения, по составу не должна вызывать засоления и осолонцевания почвы. При минерализации воды от 1 до 3 г/л необходимо иметь данные о составе химических соединений, растворенных в ней. При наличии в воде соды (Na_2CO_3) даже в незначительных количествах или хлоридов свыше 1 г/л вода для капельного орошения не пригодна, так же, как и при величине общей минерализации выше 3 г/л. Содержание в поливной воде двухвалентного железа не должно превышать 0,5 мг/л. Данные по допустимому содержанию в воде взвешенных частиц приведены в таблице 1.

В зависимости от физико-химических свойств воды, поступающей в систему орошения, и требований потребителей к ее качеству могут применяться следующие сооружения очистки: сетчатые фильтры – для удаления из воды частиц песка и крупных частиц ила, а также для предупреждения попадания в трубопроводы крупных предметов; бассейны-отстойники; гидроциклоны – для удаления минеральных частиц, имеющих плотность больше или примерно равную плотности воды; микрофильтры и барабанные сетки – для удаления водорослей и грубодисперсных частиц взвеси; зернистые фильтры – для удаления

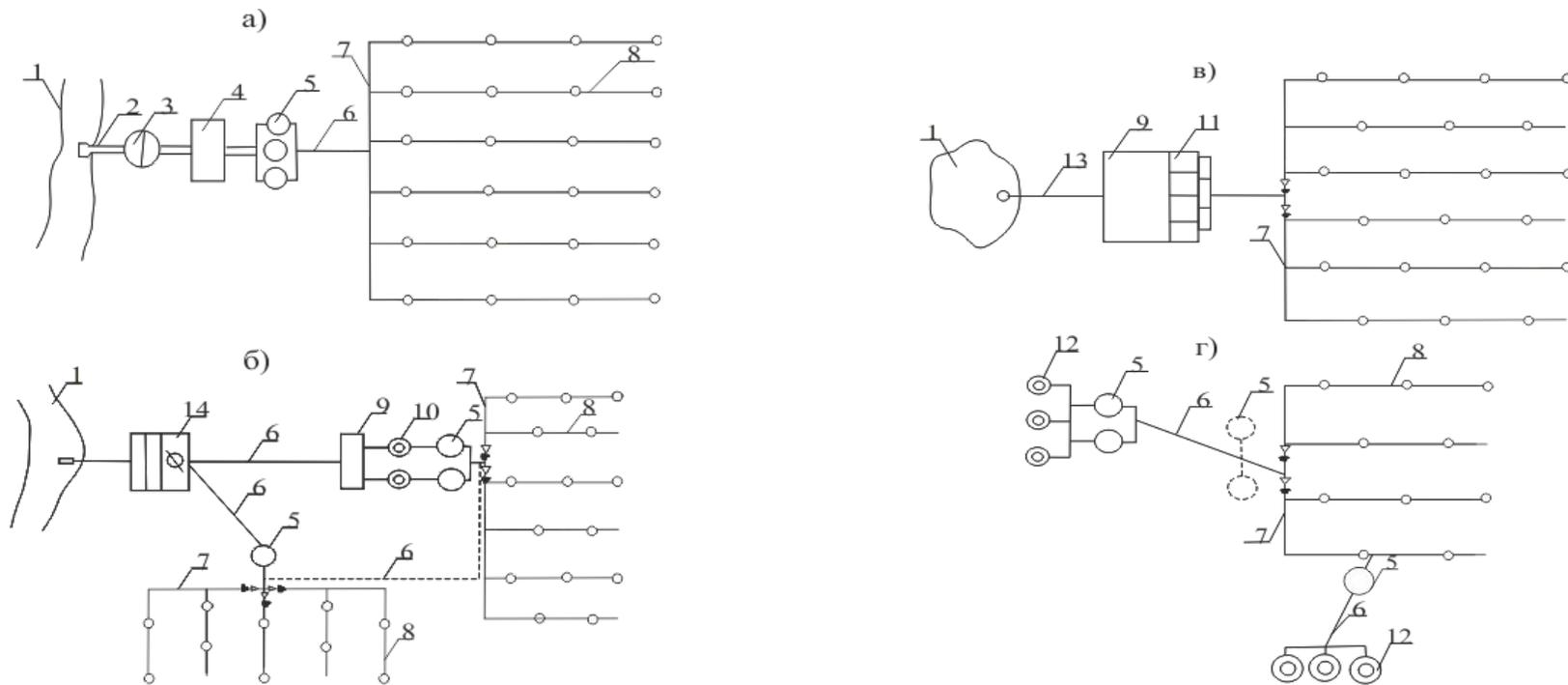


Рисунок 1 – Схемы расположения очистных сооружений на системах капельного орошения

а) централизованная схема водоподготовки с односторонним питанием оросительной сети; б) рассредоточенная схема водоподготовки с расположением очистных сооружений вблизи орошаемого участка; в) централизованная схема водоподготовки с гравитационной водоподачей; г) рассредоточенная схема водозабора и водоочистки подземных вод с двухсторонним питанием оросительной сети:

1 – водоисточник; 2 – самотечная линия; 3 – береговой колодец; 4 – насосная станция 1-го подъема; 5 – напорные фильтры с плавающей загрузкой; 6 – напорные трубопроводы; 7 – магистральные трубопроводы; 8 – распределительные трубопроводы; 9 – регулирующие бассейны-отстойники; 10 – всасывающие камеры насосов 2-го подъема; 11 – безнапорные фильтры с плавающей загрузкой; 12 – подземный водозабор (скважины); 13 – гравитационный водовод; 14 – береговой водозабор совмещенного типа

мелкодисперсных и грубодисперсных частиц взвеси минерального и органического происхождения, а также для обезжелезивания исходной воды.

Таблица 1 – Требования к качеству оросительной воды в зависимости от характера истечения воды [3]

Характер истечения воды	Размеры наименьших водопропускных отверстий, мм	Требования к качеству воды		
		допустимое содержание взвеси, мг/л	размер частиц взвеси, мм	допустимое содержание гидробионтов, мг/л
Непрерывная подача воды	1,0	30	0,01-0,05	-
Капельно-струйное истечение, основанное на поплавковой конструкции капельниц	1,5	300	0,1	10
Непрерывная подача воды каплями	1,5	300	0,25	10

При необходимости одновременного осуществления нескольких технических приемов очистки, в состав станций водоподготовки могут включаться одновременно несколько типов очистных сооружений [4]. Технические характеристики микрофильтров и барабанных сеток приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики микрофильтров и барабанных сеток

Размерный ряд	Барабан фильтра					Ориентировочная производительность, тыс. м ³ /сут
	диаметр, м	длина звена, м	число звеньев, шт.	общая длина, м	рабочая площадь, м ²	
Микрофильтры						
1	1,5	1,0	1	1	2	2,5
			2	2	4	5,0
			3	3	6	7,5
2	3,0	1,5	1	1,5	6	7,5
			2	3,0	12	15,9
			3	4,5	18	21,5
Барабанные сетки						
1	1,5	1,0	1	1	2,5	10,0
			2	2	5,0	20,0
			3	3	7,5	30,0
2	3,0	1,5	1	1,5	7,5	30,0
			2	3,0	15,0	60,0
			3	4,5	22,0	90,0

При оценке качества очистки воды на микрофильтрах следует учитывать, что при различных перепадах уровней воды во входной камере и внутри барабана степень очистки будет различной.

Фильтры с плавающей загрузкой представлены в многообразном исполнении. Принцип работы заключается в фильтровании воды через пенополистирольные зернистые загрузки в порядке убывающей крупности гранул.

Техническая характеристика фильтра с плавающей загрузкой приведена в таблице 3. Конструктивная схема фильтра с плавающей загрузкой представлена на рисунке 2.

Фильтры оборудуются манометрами, расходомерами, кранами для выпуска воздуха и отбора проб, люками и смотровыми стеклами. С помощью последних ведется наблюдение за процессом промывки.

Напорный фильтр с плавающей загрузкой разделен на три зоны загрузки. Нижняя сборная система может быть выполнена из стальных или полиэтиленовых дырчатых труб с диаметром отверстий 20 – 30 мм, направленных в сторону дна, или из бетонных и металлических дырчатых плит и блоков. Средняя дренажная система для отбора фильтрата из толщи загрузки состоит из фильтрующих элементов, заполненных трехслойной засыпкой из пенополистирольных гранул, подсоединенных к центральному коллектору. Число фильтрующих элементов и расстояние между ними устанавливается по гидравлическому расчету.

Таблица 3 - Техническая характеристика фильтра с плавающей загрузкой

Параметры	Количество
Тип фильтра	напорный
Средняя производительность, м ³ /ч	150
Диаметр фильтра, мм	3400
Высота рабочего слоя загрузки, мм	1500
Общая высота загрузки, мм	2000
Крупность гранул загрузки по зонам, мм:	
верхней	4-6
средней	2-4
нижней	1-2
Максимальное содержание взвеси в исходной воде, мг/л	500
Расход промывной воды, м ³ /ч	480
Продолжительность промывки, мин	3-5
Максимально-допустимое давление на входе в фильтр, МПа	0,6
Сумма потерь напора в фильтре в конце фильтроцикла, МПа	0,15
Продолжительность фильтроцикла не менее, ч	8
Масса фильтра без загрузки, кг	7765
Масса фильтра с загрузкой, кг	10365
Габаритные размеры, мм:	
высота	5410
длина по обвязке	6870
ширина	4000
Количество обслуживающего персонала, чел	1
Энергоемкость, кВт. ч/м ³	-
Металлоемкость, кг/га	77

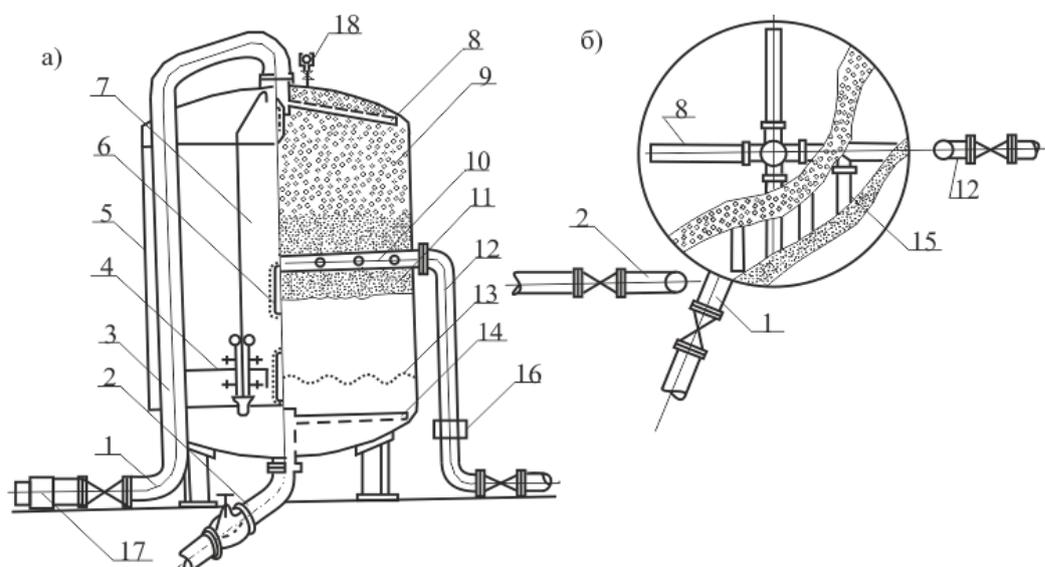


Рисунок 2 – Конструктивная схема фильтра с плавающей загрузкой большой грязеемкости - а) общий вид; б) план:

1 – трубопровод промывной воды; 2 – трубопровод исходной воды; 3 – манометры; 4 – люк; 5 – смотровое окно; 6 – корпус фильтра; 7 – воздухоотборник; 8 – верхняя распределительная система; 9 – рабочий слой фильтра; 10 – дренажная система; 11 – поддерживающий слой фильтра; 12 – трубопровод фильтрата; 13 – граница расширения загрузки фильтра при промывке; 14 – нижняя сборная система; 15 – дренажные трубы; 16 – улавливающее устройство; 17 – водомер; 18 – вантуз

Принцип работы фильтра с плавающей загрузкой заключается в следующем: исходная вода из регулирующего бассейна или водоисточника подается насосом по трубопроводу 2 в верхнюю распределительную систему 8. При движении сверху вниз через зернистый слой 9 вода освобождается от грубодисперсных и коллоидных загрязнений и посредством дренажной системы 10, размещенной в толще фильтрующей среды, и трубопровода 1 отводится под нужным напором потребителю (обычно $H = 0,15-0,2$ МПа). По достижении предельных потерь напора в загрузке или по проскоку взвеси в фильтрат в количестве свыше допустимых значений, фильтр выводят на промывку. Для промывки плавающей загрузки достаточно открыть задвижку на трубопроводе 12. Под действием нисходящего потока исходной воды, поступающей из верхней распределительной системы, загрузка расширяется до определенной границы. Гранулы интенсивно перемешиваются, задержанные в загрузке загрязнения выносятся потоком воды по трубопроводу 1 в сбросной коллектор.

Интенсивность промывки назначается в пределах 12-15 л/см², продолжительность – до 3-5 минут.

Эффект осветления в сильной степени зависит от дисперсности взвеси и толщины загрузки с диаметром гранул равным 0,8-1,0 мм и колеблется от 70-90% (при содержании в воде грубодисперсных взвесей) до 40-50% (при содержании в воде лишь тонкодисперсной взвеси).

Многообразие вариантов технологических схем и средств водоподготовки для систем капельного орошения требует точного подхода к выбору наиболее оптимального варианта компоновки состава сооружений для очистки воды на

основании характеристики качественного анализа водоисточника. Порядок степеней очистки должен обеспечить надежную и бесперебойную подачу очищенной от загрязнителей минерального и органического происхождения воды в водопроводящую сеть капельного орошения.

Список использованных источников

1. Лунева Е. Н., Лещенко А. А. Предложения по вопросам проектирования капельного орошения яблоневого сада // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России: Материалы науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), 07-24 ноября 2017 г., Вып. 15. Ч. 1 / Новочерк. инж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ. – Новочеркасск: Лик, 2017. –331 с. ISBN 978-5-906993-15-1 (С. 108-119).
2. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84.
3. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации систем капельного орошения: ВТР-П-28-81: утв. М-вом мелиорации и вод. хоз-ва СССР 08.05.81. – М.: Минводхоз СССР, 1981. –180 с.
4. Новикова И.В. Средства и технологии водоподготовки для капельного орошения сельскохозяйственных угодий / И. В. Новикова, Е. Н. Лунева, А. В. Грицай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(35). – С. 1–17. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=615>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17.

References

1. Luneva E. N., Leshchenko A. A. Proposals on the design of drip irrigation of the Apple orchard // Melioration and water management. Ways to improve the efficiency and environmental safety of land reclamation in the South of Russia: Materials of scientific and practical conference. (Shumakovsky readings), November 07-24, 2017, Issue 15. Part 1 / Novochoerk. eng. - melior. in-t Donskoy GAU. - Novochoerkassk: Lik, 2017. -331 p. ISBN 978-5-906993-15-1 (P. 108-119).
2. SP 31.13330.2012 water Supply. Outdoor networks and structures. Updated version of SNiP 2.04.02-84.
3. Guidelines for the design, construction and operation of drip irrigation systems: VTR-P-28-81: approved. M-vom of land reclamation and water. farm of the USSR 08.05.81. - M.: Minvodfarm of the USSR, 1981. -180 p.
4. Novikova I. V. Means and technologies of water treatment for drip irrigation of agricultural lands / I. V. Novikova, E. N. Luneva, A.V. Gritsay // Scientific journal of the Russian research Institute of land reclamation problems [Electronic resource]. – 2019. – № 3(35). – P. 1-17. - access Mode: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=615>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17.

УДК 631.6:631.67:631.6.2:536.255

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.19.44.022

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ НА РАСТЕНИЯ И КОРНЕОБИТАЕМЫЙ СЛОЙ ПОЧВЫ

Павлущенко В. А.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Аннотация. Впервые выведено дифференциальное уравнение теплопереноса при мелиоративно-гидротехнических воздействиях на растения и корнеобитаемый слой почвы.

Уравнение может применяться для расчетов и прогнозов гидротермических режимов почвогрунтов.

Ключевые слова: математические модели теплопереноса в почвогрунтах, уравнения математической физики, гидротермический режим почвогрунтов

DIFFERENTIAL EQUATION OF HEAT TRANSFER IN MELIORATIVE-HYDROTECHNICAL EXPOSURE ON VEGETATION AND ROOT LAYER OF THE SOIL.

Pavluschenko V.A.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation,
Moscow, Russia

Annotation. For the first time, the differential heat transfer equation is derived in meliorative-hyrotechnical effects on plants and the root layer of the soil. The equation can be used to calculate and predict hydrothermal regimes of soil.

Keywords: Mathematical models of heat transfer in soils, equations of mathematical physics, hydrothermal regime of soils

Ранее нами было выведено уравнение влагопереноса при мелиоративно-гидротехнических воздействиях на растения и корнеобитаемый слой почвогрунтов, принимая, что движение влаги, при значительной длине дрен, можно считать двумерным [1, с.51-57]:

$$\sum_{i=1}^n \Pi_i = \frac{\partial \omega}{\partial t} - \left[\frac{\partial}{\partial z} \left(K_w \frac{\partial H}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(K_w \frac{\partial H}{\partial x} \right) \right] + (e_k - \Delta e_k). \quad (1)$$

Здесь: Π_i – физическое приращение или убывание влаги, в корнеобитаемом слое от i -го мелиоративного воздействия в $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$\sum_{i=1}^n \Pi_i$ – суммарное количество влаги от мелиоративных воздействий n за промежуток времени t в $\text{м}^3/\text{м}^3$; e_k – интенсивность забора влаги корнями растений в $1/\text{сут}$; Δe_k – уменьшение интенсивности забора влаги корнями растений (при переувлажнении почв, дождевании, аэрозольном увлажнении и т.д.) в $1/\text{сут}$; H – напор почвенной влаги в м; t – время в сут.; ω – объемная влажность в $\text{м}^3/\text{м}^3$; z , x – координаты точки $A_{(z,x)}$ для плоской задачи; z , x , y – координаты этой же точки $A_{(z,x,y)}$ для пространственной задачи (см. рисунок); K_w – коэффициент влагопроводности в $\text{м}/\text{сут}$.

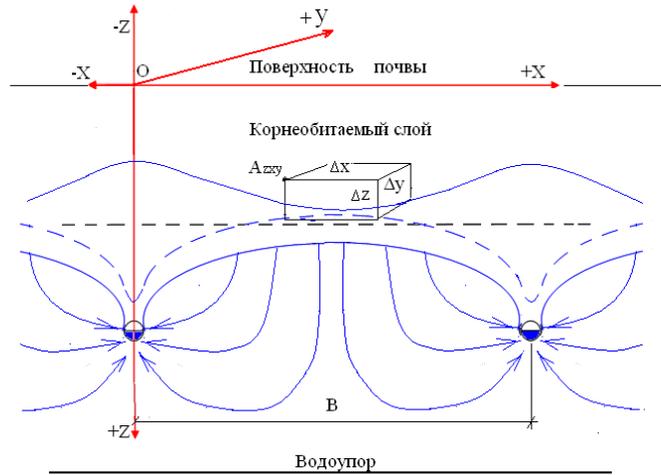


Рисунок - Совмещенная схема работы дренажа (до шлюзования) и при подъеме УГВ во время шлюзования

Для вывода уравнения теплопереноса составим тепловой баланс для выделенного параллелепипеда, заменив в нем размеры ребер Δx , Δy , Δz , на очень малые размеры dx , dy , dz , а время Δt на dt . Математическое выражение теплового баланса запишем в виде:

$$dQ_3 = dQ_x + dQ_y + dQ_z \quad (2)$$

где: dQ_3 – энтальпия, внутренняя энергия (или теплосодержание) параллелепипеда; $dQ_x + dQ_y + dQ_z$ – потоки тепла по координатным осям x , y , z .

Уравнение (2) отображает закон сохранения энергии. Количество тепла, введенное в элементарный параллелепипед извне, или выведенное из него за время dt , равно изменению внутренней энергии в этом же объеме.

Пусть через грань параллелепипеда параллельно какой-нибудь координатной оси, например, оси z , проходит поток тепла в количестве $q_z dx dy$, а выходит $q_{z+dz} dx dy$, где q_z – проекция плотности (интенсивности) теплового потока по нормали к грани. Следовательно, изменение количества тепла dQ_z за время dt будет равно:

$$dQ_z = dQ_{z+0} - dQ_{z+dt} = q_z dz dx dy dt - q_{z+dz} dz dx dy dt. \quad (3)$$

Разложим непрерывную функцию q_{z+dz} в ряд Тейлора:

$$q_{z+dz} = q_z + \frac{\partial q_z}{\partial z} dz + \frac{\partial^2 q_z}{\partial z^2} \frac{dz^2}{2!} + \dots$$

Взяв первые два члена ряда, и подставив их в (3), запишем dQ_z в следующем виде:

$$dQ_z = - \frac{\partial q_z}{\partial z} dz dx dy dt. \quad (4)$$

Аналогично, находим разности количества тепла прошедшего через остальные грани параллелепипеда:

$$dQ_x = - \frac{\partial q_x}{\partial x} dx dy dz dt. \quad (5)$$

$$dQ_y = - \frac{\partial q_y}{\partial y} dy dz dx dt. \quad (6)$$

Количество тепла, подведенного к выделенному объему, будет суммой уравнений (4) - (6):

$$dQ_x + dQ_y + dQ_z = - \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) dx dy dz dt. \quad (7)$$

Изменение энтальпии, (внутренней энергии параллелепипеда) найдем из выражения:

$$dQ_3 = C_{вп} \frac{\partial \theta}{\partial t} dx dy dz dt, \quad (8)$$

где: $C_{вп}$ - объемная теплоемкость почвы, зависящая от влажности.

Подставим в равенство (2) правые части выражений (7) и (8):

$$C_{вп} \frac{\partial \theta}{\partial t} dx dy dz dt = - \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) dx dy dz dt. \quad (9)$$

Сократив на $dx dy dz dt$, получим:

$$C_{вп} \frac{\partial \theta}{\partial t} = - \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right). \quad (10)$$

При конвективном теплопереносе, закон теплопередачи в почве имеет вид [2]:

$$q = - \lambda_{п} \frac{\partial \theta}{\partial z} + g_{сум} C_{в} \theta \quad (11)$$

Здесь, q – поверхностная плотность теплового потока в $Вт/м^2$, по одной из координатных осей;

$g_{сум}$ – суммарный потока влаги в $м^3/м^3$;

$\lambda_{п}$ – коэффициент теплопроводности почвы при данной влажности, $Вт/(м \cdot c \cdot ^\circ C)$;

$C_{в}$ – объемная теплоемкость воды, $Дж/(м^3 \cdot ^\circ C)$;

θ – температура почвы, $^\circ C$.

Учитывая, что общая суммарная плотность потока влаги $g_{сум}$ равна сумме потоков влаги от мелиоративных воздействий, влагозабора корнями растений и потоков остальной влаги, запишем:

$$g_{сум} = g_{\Sigma\Pi} + (g_E - g_{\Delta E}) + g_0, \quad (12)$$

где: $g_{\Sigma\Pi}$, $(g_E - g_{\Delta E})$, g_o - соответственно конвективные объемные потоки влаги от мелиоративных мероприятий, от интенсивности корневого влагозабора и остальных потоков влаги (термодиффузии, осмоса, части осадков и т.д.).

Определение суммарного потока влаги в корнеобитаемом слое не представляет затруднений. Для этого существуют термостатно-весовой, гаммаскопический, нейтронный и другие методы определения влажности почв. Однако, изучение движения составляющих суммарного потока влаги в полевых условиях и в настоящее время является сложным делом.

Можно не только теоретически отслеживать движение принудительно внесенной нами в почву воды, но, пометив ее с помощью радиоактивных изотопов, изучать передвижение влаги практически. В почвенно-гидрологических исследованиях применяются в качестве радиоактивных меток изотопы следующих элементов: серы - S^{35} , йода - J^{131} , брома - Br^{82} и трития (H^3). Тритий - тяжелый изотоп водорода, который образует тритиевую (сверхтяжелую) воду. В полевых условиях 1970-72 годов, радиоактивный йод - J^{131} использовался автором для изучения движения влаги неразрушающим почву методом [3]. Следовательно, технические средства, позволяющие изучать движение отдельных, интересующих нас количеств почвенной влаги, существуют уже более полувека и должны быть востребованы в гидротехнике и мелиорации и сейчас, с учетом новейших достижений науки и техники.

Подставив выражение (12) в (11) и взяв проекции теплового потока q по координатным осям x , y , z , получим, как молекулярную передачу тепла с помощью теплопроводности (первое слагаемое правой части уравнений (13-15)), так и конвективный перенос тепла с потоками влаги (второе слагаемое уравнений).

$$q_z = -\lambda_{\Pi z} \frac{\partial \theta}{\partial z} + [g_{\Sigma\Pi z} + (g_{Ez} - g_{\Delta Ez}) + g_{oz}] C_B \theta. \quad (13)$$

$$q_x = -\lambda_{\Pi x} \frac{\partial \theta}{\partial x} + [g_{\Sigma\Pi x} + (g_{Ex} - g_{\Delta Ex}) + g_{ox}] C_B \theta \quad (14)$$

$$q_y = -\lambda_{\Pi y} \frac{\partial \theta}{\partial y} + [g_{\Sigma\Pi y} + (g_{Ey} - g_{\Delta Ey}) + g_{oy}] C_B \theta. \quad (15)$$

Здесь: q_z , q_x , q_y - плотности потоков тепла соответственно по координатным осям z , x , y .

Заменив слагаемые правой части уравнения (10) на выражения (13)-(15), получим дифференциальное уравнение теплопередачи в пространстве:

$$C_{\text{вп}} \frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_{\Pi x} \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) - C_B \frac{\partial}{\partial x} [(g_{\Sigma\Pi x} + g_{Ex} - g_{\Delta Ex} + g_{ox}) \theta] + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_{\Pi y} \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) - C_B \frac{\partial}{\partial y} [(g_{\Sigma\Pi y} + g_{Ey} - g_{\Delta Ey} + g_{oy}) \theta] + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_{\Pi z} \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) - C_B \frac{\partial}{\partial z} [(g_{\Sigma\Pi z} + g_{Ez} - g_{\Delta Ez} + g_{oz}) \theta]. \quad (16)$$

При постоянном значении λ_{Π} :

$$C_{vII} \frac{\partial \theta}{\partial t} = \lambda_{II} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) - C_B \frac{\partial}{\partial x} [(g_{\Sigma\Pi x} + g_{E_x} - g_{\Delta E_x} + g_{o_x})\theta] - \quad (17)$$

$$C_B \frac{\partial}{\partial y} [(g_{\Sigma\Pi y} + g_{E_y} - g_{\Delta E_y} + g_{o_y})\theta] - C_B \frac{\partial}{\partial z} [(g_{\Sigma\Pi z} + g_{E_z} - g_{\Delta E_z} + g_{o_z})\theta].$$

Множитель в скобках первого слагаемого правой части уравнения (17) является в декартовых координатах евклидового пространства оператором Лапласа ∇^2 от температуры θ . В данной записи оператор Лапласа представляет собой скалярное произведение оператора набла (Гамильтона) на себя

$$\nabla * \nabla = \nabla^2 : \nabla^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right),$$

умножив левую и правую часть этого выражения на температуру θ получим:

$$\nabla^2 \theta = \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right).$$

Тогда формула (17) преобразуется к виду:

$$C_{vII} \frac{\partial \theta}{\partial t} = \lambda_{II} \nabla^2 \theta - C_B \frac{\partial}{\partial x} [(g_{\Sigma\Pi x} + g_{E_x} - g_{\Delta E_x} + g_{o_x})\theta] + - C_B \frac{\partial}{\partial y} [(g_{\Sigma\Pi y} + g_{E_y} - g_{\Delta E_y} + g_{o_y})\theta] + - C_B \frac{\partial}{\partial z} [(g_{\Sigma\Pi z} + g_{E_z} - g_{\Delta E_z} + g_{o_z})\theta]. \quad (18)$$

Для того, чтобы сгруппировать вместе все потоки влаги, вызванные мелиоративными воздействиями, разделим уравнение (18) на C_B , и вынесем отдельно мелиоративные воздействия $g_{\Sigma\Pi}$ из слагаемых в квадратных скобках:

$$\frac{C_{vII}}{C_B} \frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\lambda_{II}}{C_B} \nabla^2 \theta - \frac{\partial}{\partial x} (g_{\Sigma\Pi x} \theta) - \frac{\partial}{\partial x} (g_{E_x} - g_{\Delta E_x} + g_{o_x})\theta + - \frac{\partial}{\partial y} (g_{\Sigma\Pi y} \theta) - \frac{\partial}{\partial y} (g_{E_y} - g_{\Delta E_y} + g_{o_y})\theta + - \frac{\partial}{\partial z} (g_{\Sigma\Pi z} \theta) - \frac{\partial}{\partial z} (g_{E_z} - g_{\Delta E_z} + g_{o_z})\theta. \quad (19)$$

Перенесем левую часть уравнения (19) вправо, а ее место заменим конвективными теплоточками, вызванными мелиоративными воздействиями:

$$\frac{\partial}{\partial x} (g_{\Sigma\Pi x} \theta) + \frac{\partial}{\partial y} (g_{\Sigma\Pi y} \theta) + \frac{\partial}{\partial z} (g_{\Sigma\Pi z} \theta) = \frac{\lambda_{II}}{C_B} \nabla^2 \theta - \frac{C_{vII}}{C_B} \frac{\partial \theta}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} (g_{E_x} - g_{\Delta E_x} + g_{o_x})\theta + - \frac{\partial}{\partial y} (g_{E_y} - g_{\Delta E_y} + g_{o_y})\theta + - \frac{\partial}{\partial z} (g_{E_z} - g_{\Delta E_z} + g_{o_z})\theta. \quad (20)$$

Запишем выведенное уравнение (20) в более компактном виде - через знак суммы слагаемых:

$$\sum_{j=x,y,z} \frac{\partial}{\partial j} (g_{\Sigma\Pi j} \theta) = \frac{C_{vII}}{C_B} (a \nabla^2 \theta - \frac{\partial \theta}{\partial t}) - \sum_{j=x,y,z} \frac{\partial}{\partial j} [(g_{E_j} - g_{\Delta E_j} + g_{o_j})\theta], \quad (21)$$

где: a – коэффициент температуропроводности $a = \frac{\lambda_{II}}{C_{vII}}$.

При переменных значениях λ_{Π} , в пространстве, уравнение (21) преобразуется к виду:

$$\sum_{j=x;y;z} \frac{\partial}{\partial j} (g_{\Sigma\Pi} \theta) = \frac{1}{C_{\Sigma}} \sum_{j=x;y;z} \frac{\partial \theta}{\partial j} (\lambda_{\Pi} \frac{\partial \theta}{\partial j}) - \frac{C_{\text{вп}}}{C_{\Sigma}} \frac{\partial \theta}{\partial t} - \sum_{j=x;y;z} \frac{\partial}{\partial j} [(g_{Ej} - g_{\Delta E j} + g_{Oj}) \theta] \quad (22)$$

В Российской Федерации, совместно с международной системой СИ, разрешено применение внесистемной единицы – калории. Калория – это тепло, которое нужно затратить, чтобы нагреть 1г воды на 1 градус Цельсия.

Приравняв теплоемкость 1 м³ воды к одной мегакалории $C_{\Sigma} = 1 \text{ Мкал}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, где $1 \text{ Мкал}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}) = 4,1868 \cdot 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, уравнение (23) запишем в виде:

$$\sum_{j=x;y;z} \frac{\partial}{\partial j} (g_{\Sigma\Pi} \theta) = \sum_{j=x;y;z} \frac{\partial \theta}{\partial j} (\lambda_{\Pi} \frac{\partial \theta}{\partial j}) - C_{\text{вп}} \frac{\partial \theta}{\partial t} - \sum_{j=x;y;z} \frac{\partial}{\partial j} [(g_{Ej} - g_{\Delta E j} + g_{Oj}) \theta] \quad (23)$$

Таким образом, мы вывели пространственное дифференциальное уравнение теплопереноса при мелиоративно-гидротехнических воздействиях на растения и корнеобитаемый слой почвогрунтов.

Заключение

Дифференциальное уравнение теплопереноса при мелиоративно-гидротехнических воздействиях на растения и корнеобитаемый слой, можно использовать для расчетов температурного поля почвогрунтов, создаваемого основными видами мелиораций и агро-мелиоративных мероприятий, а также для расчетов и прогнозов гидротермического режима почвогрунтов.

Список использованных источников

1. Отчет о выполнении НИР за 2019 г. по этапу «Разработать методологию создания гидро-мелиоративных систем, обеспечивающих оперативное управление гидротермическим режимом агрофитоценоза, регулирование параметров технологического процесса и снижение диффузной нагрузки на водные объекты». – М.: ВНИИГиМ, 2019. – 169 с.
2. Голованов А.И. (ред.). Природообустройство. – М.: «КолосС», 2008. – 552 с.
3. Павлушенко В.А. Изучение движения влаги в торфяной почве с помощью йода – 131 // Радиоизотопные методы и средства в гидротехнике и мелиорации: материалы Всесоюзного семинара, 24-29 июня 1974 года, ВДНХ, павильон «Атомная энергия». – М., 1974. – 134 с.

References

1. Report on the implementation of research for 2019 on the stage "Develop a methodology for creating hydro-reclamation systems that provide operational management of the hydrothermal regime of agrophytocenosis, regulating the parameters of the technological process and reducing the diffuse load on water objects". - Moscow: Vniigim, 2019. - 169 p.
2. Golovanov A. I. (ed.). nature management. Moscow: Koloss, 2008, 552 p.
3. Pavlushchenko V. A. Studying the movement of moisture in peat soil with the help of iodine-131 // Radioisotope methods and tools in hydraulic engineering and reclamation: materials of the all-Union seminar, June 24-29, 1974, VDNH, pavilion "Atomic energy". - M., 1974. – 134 p.

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Пыленок П.И.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Мещерский филиал, г. Рязань, Россия

***Аннотация.** С учетом анализа смены мелиоративных парадигм рассматриваются методологические подходы к созданию гидромелиоративных систем нового поколения, технологическим ядром которых является рециклинг, автоматизация, биотехнологии и информационные технологии. Предложен эколого-экономический подход к обоснованию природоохранного мелиоративного режима.*

***Ключевые слова:** методология, мелиорация сельскохозяйственных земель, гидромелиоративные системы нового поколения, природоохранный мелиоративный режим, утилизация дренажных вод*

METHODOLOGY FOR CREATING A NEW GENERATION OF HYDRO-RECLAMATION SYSTEMS

Pylenok P. I.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Meshchersky branch, Ryazan, Russia

***Abstract.** Taking into account the analysis of changes in land reclamation paradigms, methodological approaches to the creation of new-generation hydro-reclamation systems, the technological core of which is recycling, automatization, biotechnologies and information technologies, are considered. An ecological and economic approach to substantiating the environmental reclamation regime is proposed.*

***Keywords:** methodology, agricultural land reclamation, new generation hydro-reclamation systems, environmental reclamation regime, drainage water utilization*

В отечественной науке вопросам методологии мелиорации земель всегда уделялось большое внимание. Основоположник советской мелиоративной науки А.Н. Костяков в качестве ее предмета определял управление режимами почв (водным, тепловым и пищевым) не только с помощью инженерных, но также и агро-мелиоративных мероприятий, с целью создания комковатой структуры почвы и повышения ее влагоемкости [6]. Подходы к методологии создания гидромелиоративных систем (ГМС) на базе открытых каналов и закрытого дренажа, а также оптимизации мелиоративных режимов, далее были развиты в работах С.Ф. Аверьянова и его учеников [1,2]. Техническое совершенствование ГМС с учетом экологических требований освещено в работах [5,7,10]. В связи с тем, что совершенствование технологий находится в постоянном развитии с учетом экономических, энергетических и экологических требований и ограничений актуальным остается вопрос разработки методологии создания ГМС последних поколений.

Материалы и методы. Методологической основой работы является водный баланс как упрощенная форма закона сохранения энергии и вещества, системный анализ и синтез, методы инженерного творчества. Теоретические ис-

следования сочетались с натурными экспериментами на мелиоративных станциях Нечерноземной зоны РФ.

Научная новизна исследований заключается в формировании понятия гидромелиоративного цикла, в анализе его места и роли в большом геологическом (БГК) и малом биотическом круговороте (МБК) воды и веществ, в разработке методологии создания гидромелиоративных систем, ослабляющих БГК и усиливающий МБК, обеспечивающих повышение продуктивности, экологическую устойчивость осушаемых агроландшафтов и пожарную безопасность осушаемых торфяников Нечерноземной зоны России.

Объектом исследований являются способы и техника управления круговоротом воды и химических веществ в осушаемых агроландшафтах в системе естественного геологического (большого) и биотического (малого) круговоротов.

Предметом исследований является методология создания систем управления круговоротом воды и веществ, являющихся отходами мелиоративного производства.

Результаты и обсуждение. С учетом системы методологических подходов, отраженных в работах [4,5,8], следует рассматривать исторический аспект как смену мелиоративных парадигм, технологический - в форме техники и выделения уровней ГМС, особенности стадийности создания ГМС последних поколений, а также эколого-экономическую и энергетическую эффективность.

Развитие гидромелиораций в зоне избыточного и неустойчивого увлажнения в России (СССР) претерпело смену ряда парадигм.

Первая, или осушительная парадигма исторически занимала наиболее длительный период времени. Начало ее относится ко времени строительства в 1775-1778 гг. крупной осушительной системы в мызе Рябовой Шлиссельбургского округа под Петербургом [7]. Строительство в 1854-1856 гг. систем закрытого дренажа агрономом А.Н. Козловским в Горы-Горецком земледельческом училище и академиком Н.И. Железновым в имении Нароново Новгородской губернии знаменовало новый аспект осушительной парадигмы, включающей два принципиальных способа осушения – открытыми каналами и закрытым дренажем. Научные основы и понятийное ядро этой парадигмы были разработаны значительно позже А.Н. Костяковым, С.Ф. Аверьяновым и др. учеными [2,3,6].

Научно осознанный переход ко **второй - осушительно-увлажнительной парадигме**, включающей способы и технику подпочвенного и внутриводослойного увлажнения, поверхностного полива и дождевания можно отнести к послевоенному периоду, начиная с конца 1950-х годов, хотя шлюзование в российской мелиоративной практике применялось значительно ранее. Осушительно-увлажнительные мелиорации в этот период уже рассматриваются как неотъемлемая часть комплексных мелиораций болот и заболоченных минеральных земель, включающих, по меньшей мере, еще культуртехнические и агрохимические мелиорации. Большой вклад в разработку теории, способов и техники увлажнения осушаемых земель внесли Аверьянов С.Ф., Маслов Б.С., Голованов А.И., Коваленко П.И., Зубец В.М. и др. [2,3,6,8].

Начиная с 1970-х годов мелиоративной наукой ведется поиск путей снижения антропогенного воздействия на природную среду в целом и на мелиорируемые агроландшафты в частности. Выполненные мониторинговые исследования позволили накопить необходимые данные для разработки современных технологий, обеспечивающих не только оптимизацию водного режима почв, но и значительную часть экологических требований. В большинстве случаев, как показывает опыт, ожидаемый результат можно получить путем применения комплексных мелиораций в их современном понимании.

Отмечаемые А.Н. Костяковым [6] недостатки осушения заболоченных почв, связанные с удалением с дренажной водой «зольных питательных элементов и, следовательно, обеднение почвы не только влагой, но и пищей», в условиях интенсивного аграрного производства усугубляются возрастанием экологического риска ускоренной минерализации гидроморфных почв, загрязнения дренажными водами природных водоемов, ухудшения условий влагообеспеченности прилегающих агроландшафтов.

Это определило необходимость перехода в конце 1970-х годов к *третьей – эколого-мелиоративной парадигме*, опирающейся не только на мелиоративные достижения, но и включающей ресурсные и экологические ограничения, которые могут быть реализованы, например, с помощью водооборотных и рециклинговых технологий.

Концепция создания ГМС нового поколения вытекает из задачи максимальной адаптации мелиорации к природе, ослаблении БГК и усилении МБК, замкнутости и многократной повторяемости мелиоративного цикла «осушение-накопление-увлажнение» и может достигаться в системах рециклингового типа.

Рециклинговые технологии являются одним из инструментов решения основной задачи мелиорации земель, сформулированной В.Р. Вильямсом и А.Н. Костяковым, как усиление биологического и замедление геологического круговоротов воды и химических веществ. *Гидромелиоративный рециклинг* позволяет реализовать многократное повторное использование дренажных вод для увлажнения осушаемых почв и других целей, в т.ч. пожаротушения. Этим решается одна из главных задач гидромелиораций – ослабление большого геологического круговорота и усиление малого биотического круговорота веществ и энергии. Такое ослабление достигается благодаря противонаправленности мелиоративного водооборотного цикла и естественного гидрологического цикла как элемента большого геологического круговорота БГК.

По А.И. Голованову ГМС представляет собой одну из трех подсистем в системе мелиоративно-земледельческих сил. Они превращают воду из состояния потока в новое состояние почвенной влажности [4]. Из физического фактора природы вода в процессе потребления превращается в физиологический фактор не только жизнедеятельности сельскохозяйственных культур, но и почвенно-биотического комплекса (ПБК) в целом. Отсюда следует, что современные ГМС должны многократно и устойчиво поддерживать этот процесс превращения водного потока, включая дренажный сток, в полезную для растений и ПБК влажность. К таким системам, как было сказано ранее, относятся системы рециклингового типа, которые позволяют повторно использовать дренажные по-

ды и содержащиеся в них полезные вещества, по существу выполняют барьерные функции в мелиорируемом агроландшафте. В технологическое ядро современной эколого-мелиоративной парадигмы наряду с рециклингом должны входить автоматизация, биотехнологии и информационные технологии.

Применительно к рассмотренным мелиоративным парадигмам, а также опираясь на предложенные Б.С. Масловым и И.В. Минаевым десять классов мелиоративных систем [8], предлагаем для условий гумидной зоны России выделять пять уровней ГМС, представленных в таблице 1. К новому поколению относятся ГМС четвертого плюс и пятого поколений.

Для выделения уровней ГМС использованы такие критерии как техника осушения и увлажнения, комплексность и степень управления мелиоративным режимом агроландшафта, ресурсосбережение и общественная эффективность, включающая экономическую, экологическую и социальную компоненты. В Нечерноземной зоне России доля систем нового поколения очень мала.

Таблица 1 - Уровень ГМС гумидной зоны России

Уровень ГМС	Характеристика ГМС
I поколение	Осушительные системы на базе открытых каналов
I⁺ поколение	Осушительные системы на базе открытых каналов и шлюзования
II поколение	Осушительные системы на базе закрытого дренажа
II⁺ поколение	Осушительные системы на базе закрытого дренажа и подпочвенного увлажнения
III поколение	Осушительно-увлажнительные системы на базе закрытого горизонтального или вертикального дренажа и дождевания
III⁺ поколение	Осушительные системы с обвалованием и машинным водоотведением
IV поколение	Водооборотные осушительно-увлажнительные системы
IV⁺ поколение	Рециклинговые осушительно-увлажнительные системы с гидроавтоматизацией и многократным повторным использованием дренажных вод
V поколение	Комплексные адаптивные ГМС с автоматизацией и цифровизацией управления мелиоративным режимом

Стадии создания ГМС нового поколения. Создание ГМС нового поколения в общем случае включает ряд классических стадий, каждая из которых при этом имеет свои отличия и преимущества, обеспечивающие реализацию основных подходов и ограничений к созданию систем нового поколения (табл. 2). На каждой стадии следует добиваться соответствия результатов целевым критериям. Эти критерии включают:

- Повышение продуктивности;
- Обеспечение экологической устойчивости агроландшафтов;
- Ресурсосбережение и энергоэффективность;
- Экономическая, социальная и экологическая эффективность;
- Обеспечение пожарной безопасности.

Таблица 2 - Стадии создания гидромелиоративных систем

Стадии ГМС	Содержание требований
Предпроектная	Разработка комплексных территориальных и бассейновых схем мелиорации
Проектная	Проектные решения, обеспечивающие повышение продуктивности, экологической устойчивости агроландшафтов и пожарную безопасность
Строительная	Реализация проектных решений для расчетных (обеспеченных) гидрометеорологических параметров
Эксплуатационная	Обеспечение управления мелиоративным режимом агроландшафтов в гидрометеорологических условиях конкретных лет

На предпроектной стадии создания ГМС территориальные и бассейновые схемы мелиорации разрабатываются с учетом возможности использования каскадно расположенных мелиоративных систем как модулей для утилизации дренажных вод с командных ГМС.

На проектной стадии создания ГМС определяются объемы дренажного стока, потенциальные площади увлажнения дренажными водами при реализации операционного или сезонного рециклинга, рассчитываются объемы аккумулирующих емкостей по предлагаемым зависимостям [9,10].

На строительной и эксплуатационной стадии осуществляется реализация проектных решений по достижению целевых критериев в процессе строительства и эксплуатации ГМС в расчетные годы и в конкретных гидрометеорологических условиях. Предпочтение здесь следует отдавать формированию природоохранного мелиоративного режима.

Эколого-экономический подход к обоснованию ГМС нового поколения. Современные требования к сельскохозяйственным мелиорациям предусматривают их комплексность с оптимизацией основных параметров возделывания сельскохозяйственных культур, максимальную адаптацию гидромелиоративных систем к природным условиям, экономическую и экологическую эффективность [3, 5,7].

Мелиорируемые агроландшафты функционируют в условиях, характеризующихся наличием специфической антропогенной мелиоративной нагрузки, действующей на фоне экзогенной антропогенной нагрузки, источниками которой являются промышленность, транспорт, сельскохозяйственное производство и др. Виды антропогенной мелиоративной нагрузка на окружающую природную среду в общем случае включают ингредиентную, параметрическую, биоценотическую и стационально-деструкционную, содержание которых раскрыто в работах [9,10]. Наиболее изученными являются последствия ингредиентной нагрузки. Критерии же оценки других видов нагрузки пока слабо разработаны.

К основным критериям природоохранного режима осушения, по нашему мнению, следует относить такие показатели, как уменьшение нормированных

значений глубины залегания грунтовых вод относительно оптимальных с точки зрения требований сельскохозяйственных культур, экологические ограничения норм увлажнения, ослабление промывного водного режима, что особенно актуально для условий Нечерноземной зоны России, и др. При этом первостепенное значение приобретает вопрос об оценке количественных размеров изменения отмеченных показателей.

Размер уменьшения норм осушения и увлажнения предлагается обосновывать эколого-экономическим расчетом. При этом ущерб от снижения урожайности сельскохозяйственных культур не должен превышать ущерба в окружающей среде, который возник бы при реализации традиционных мелиоративных норм:

$$U^{exp} \leq U_{опс}^{max}, \quad (1)$$

где: U^{exp} - ущерб от снижения урожайности сельскохозяйственных культур при уменьшении норм осушения или увлажнения; $U_{опс}^{max}$ - ущерб в окружающей природной среде (в границах гидромелиоративной системы и в зоне ее внешнего влияния) при реализации нормы осушения, обеспечивающей максимальную урожайность сельскохозяйственных культур.

Такой подход позволяет с одной стороны минимизировать риски ущербов в окружающей природной среде, представляет собой адаптивный подход к использованию почвенного плодородия, а с другой обеспечивает снижение капитальных и эксплуатационных затрат на создание ГМС нового поколения.

Заключение

Разработана методология создания ГМС рециклингового типа, обеспечивающих ослабление геологического и усиление биотического круговорота воды, повышение продуктивности, пожарную безопасность и экологическую устойчивость осушаемых агроландшафтов Нечерноземной зоны России. Методология включает концепцию, мелиоративную парадигму, особенности предпроектной, проектной, строительной и эксплуатационной стадий создания ГМС. Расчет параметров рециклинговых ГМС, конструктивные схемы излагаются в авторских публикациях.

Список использованных источников

1. Аверьянов С.Ф. Расчет понижения и подъема грунтовых вод при осушения системой каналов (дрен). // Гидротехника и мелиорация, 1957, №12, с.49-61.
2. Аверьянов С.Ф. Основные научные проблемы осушения земель/ Мат. к Всесоюзн. совещ. по мелиорации почв. – М.: АН СССР, 1969. - 14 с.
3. Айдаров И. П., Голованов А. И., Никольский Ю. Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. – М.: Агропромиздат, 1990. – 60 с.
4. Голованов А.И. Методология мелиорации// Природообустройство, 2009, №4, с.5-16.
5. Кирейчева Л.В. Методология управления мелиоративным режимом сельскохозяйственных земель при проведении гидромелиорации// Развитие мелиорации в гармонии с природой. Научное издание. – М: изд. ВНИИА, 2014, с.179– 188 с.
6. Костяков А.Н. Основы мелиораций. 6 изд. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.
7. Маслов Б.С. Комплексная мелиорация: становление и развитие. – М.: Россельхозакадемия, 1998.- 280с.

8. Маслов Б.С. Минаев И.В. Осушительные системы XXI века. – М.: Россельхозакадемия, 1997. – 80 с.
9. Пыленок П.И. Гидромелиоративный рециклинг. Научное обоснование, технология, экология. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018.-258 с.
10. Пыленок П. И., Сидоров И. В. Природоохранные мелиоративные режимы и технологии. – М, Россельхозакадемия, 2004. -323 с.

References

1. Averyanov S. F. Calculation of lowering and lifting of ground water when draining the canal system (drain).// Hydrotechnics and melioration, 1957, N 12, p. 49-61.
2. Averyanov S. F. Main scientific problems of land drainage/ Mat. to the all-Union. no. on soil reclamation. - Moscow: USSR Academy of Sciences, 1969. - 14 p.
3. Aidarov I. P., Golovanov A. I., Nikolsky Yu. N. Optimization of reclamation regimes of irrigated and drained agricultural lands. - Moscow: Agropromizdat, 1990. - 60 p.
4. Golovanov A. I. methodology of land reclamation// Nature management, 2009, N 4, p. 5-16.
5. Kireicheva L. V. Methodology of management of reclamation regime of agricultural lands during hydro-reclamation//Development of land reclamation in harmony with nature. Scientific publication. - M: ed. VNIIA, 2014, p. 179-188 p.
6. Kostyakov A. N. Fundamentals of land reclamation. 6 ed. - Moscow: Selkhozgiz, 1960 – - 622 p.
7. Maslov B. S. Complex melioration: formation and development. - M.: ROS-agricultural Academy, 1998. - 280s.
8. Maslov B. S. Minaeev I. V. Drainage systems of the XXI century. - Moscow: Rosselkhoz nadzor, 1997. - 80 p.
9. Pylenok P. I. hydro-Reclamation recycling. Scientific justification, technology, ecology. - LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. -258 p.
10. Pylenok P. I., Sidorov I. V. Environmental reclamation regimes and technologies. - M, Russian agricultural Academy, 2004. -323 p.

УДК 631.6+631.95

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.23.47.024

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ ОСУШАЕМОЙ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Пыленок П.И.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Мещерский филиал, г. Рязань, Россия

Аннотация. Рассматриваются результаты исследования по изменению мелиоративного режима аллювиальных почв Окской поймы под действием изменения климата. Предлагаются параметры адаптированного к этим изменениям режима увлажнения раннего картофеля с использованием дренажных вод. Экологическая сезонная норма увлажнения составляет 155 мм.

Ключевые слова: Климат, осуходоливание поймы, аллювиальные почвы, дренажные воды, природоохранный режим увлажнения, экологическая норма увлажнения

FEATURES OF THE OPERATIONAL MODE OF HUMIDIFICATION OF THE DRAINED ALLUVIAL SOIL IN CONDITIONS OF CLIMATIC CHANGE

Pylenok P. I.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Meshchersky branch, Ryazan, Russia

Abstract. *The results of a study on changes in the reclamation regime of alluvial soils of the Oka floodplain under the influence of climate change are considered. The parameters of the early potato moisture regime adapted to these changes using drainage waters are proposed. The environmental seasonal moisture content is 155 mm.*

Key words: *Climate, floodplain drainage, alluvial soils, drainage waters, environmental regime of humidification, ecological norm of humidification*

По данным Росгидромета в конце XX начале XXI века наблюдается изменение температурного режима в сторону потепления (рис. 1). Скорость роста среднегодовой температуры в России составляет $0,42\text{ }^{\circ}\text{C}$ за каждые десять лет. Растет теплообеспеченность сельскохозяйственных культур в результате увеличения скорости роста суммы активных температур, составляющей $87\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ [2].

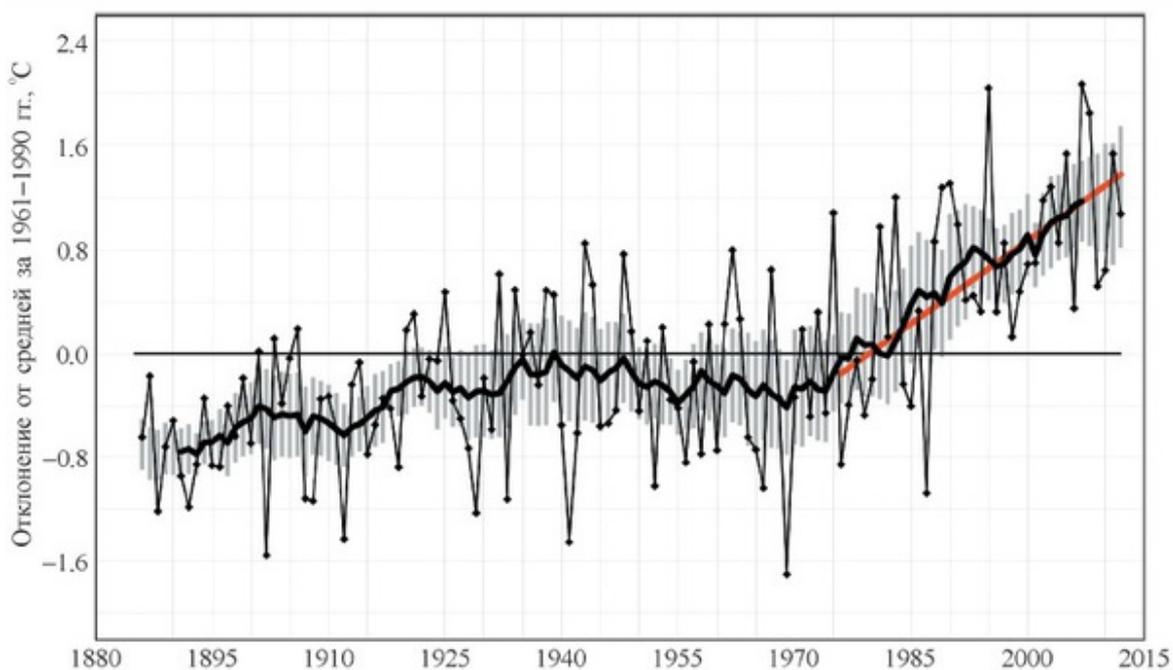


Рисунок 1 – Динамика отклонения среднегодовых температур от нормы (Росгидромет)

Сумма годовых осадков за 1976-2018 гг. в целом по России растет на 2,2% каждые 10 лет. В тоже время в июне в Европейской части страны наблюдается дефицит осадков. Климатическая годовая норма атмосферных осадков по данным Рязанского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды составляет 573 мм (табл. 1), что на 20 мм больше по сравнению с данными за 1961-1990 гг. При этом отмечается снижение нормы за холодные месяцы ноябрь-февраль, а также за май-июнь. Это может быть одной из причин нарушения режима половодий.

В этих условиях становится актуальным вопрос корректировки мелиоративных технологий, с помощью которых осуществляется управление гидротермическими режимами агроландшафтов, требования к которым изложены в работах [1,3], и применения рециклинговых технологий для использования дренажных вод [4].

Научная новизна исследований заключается в разработке эксплуатационного природоохранного режима увлажнения аллювиальных почв с использованием дренажных вод с учетом изменений климата.

Объект исследований - техника управления круговоротом воды и химических веществ в осушаемых агроландшафтах при изменении климата.

Предмет исследований – режим увлажнения осушаемой аллювиальной почвы.

Таблица 1 - Климатические нормы атмосферных осадков и температуры воздуха по мтс Рязань

Периоды	Температура воздуха, °С			Норма осадков, мм
	максимум	средняя	минимум	
Январь	-6.8	-10.3	-13.7	36
Февраль	-5.9	-9.7	-13.4	28
март	-0.3	-4	-7.6	26
Апрель	10.6	6.2	1.8	36
Май	19.3	13.7	8.1	46
Июнь	23.2	17.6	12	61
Июль	24.5	19.1	13.7	86
Август	23	17.6	12.2	58
Сентябрь	16.8	11.9	7.1	54
Октябрь	8.5	5	1.6	51
Ноябрь	0.5	-2	-4.5	48
Декабрь	-3.7	-6.6	-9.5	43
Год		4,9		573

Материалы и методы. Методической основой исследовательских работ является применение водного и теплового балансов как инструмента количественной оценки дренажного стока и формирования природоохранного режима увлажнения. В многолетнем полевом опыте в центральной части поймы р. Оки на осушаемой аллювиальной почве изучались варианты природоохранного режима увлажнения «ПРУ» и обработка растений гидратированным торфом «ГТ», а также взаимодействие этих факторов «ПРУ+ГТ» и абсолютный контроль. Для увлажнения использовались дренажные воды. Исследования водного режима аллювиальных почв проводятся Мещерским филиалом ВНИИГиМ с

1960-х годов, с 1996 года – при личном участии автора. Анализ половодий р. Оки за 1946-2020 гг. выполнен по данным гидрометслужбы.

Почвы опытного участка дерновые, зернистые, по гранулометрическому составу тяжелосуглинистые. Объемная масса в слое 0...50 см изменяется от 1,10 до 1,28 г/см³, плотность варьирует в пределах 2,52...2,56 г/см³, коэффициент фильтрации метрового слоя 0,3...2,0 м/сут, водоотдача 0,12. Предельная полевая влагоемкость (ППВ) в полуметровом слое почвы равна 166 мм, высота капиллярного поднятия 85 см. Пахотный горизонт слабо оструктурен, оглеение различной степени интенсивности начинается с глубины 30 см.

На объекте проводился комплекс агрогидрометеорологических и фенологических наблюдений по общепринятым методикам с использованием приборного обеспечения российского и немецкого производства. Влажность почвы измерялась влагомером *НН-2 (Moisture meter)*.

Результаты и обсуждение. В начале 2000-х годов нами был предложен ресурсосберегающий природоохранный режим увлажнения аллювиальной почвы при возделывании раннего картофеля, предусматривающий поливы с использованием дренажных вод только в влаголюбительные фазы развития (бутонизация и цветение), а также снижение предполивного и послеполивного порогов влажности, обеспечивающие уменьшение поливной нормы на 15...20% и ослабление промывного режима корнеобитаемого слоя [5,6]. Такой режим учитывает особенности аллювиальных почв Окской поймы, которые обуславливаются суглинистым гранулометрическим составом и высокой влагоемкостью корнеобитаемого слоя, что позволяет после паводковой влагозарядки и использовании майских атмосферных осадков в течение 30...40 суток сохранять оптимальный водный режим для картофеля в период появления и развития всходов.

В связи с начавшимся потеплением климата произошли изменения гидрологического режима р. Оки. В ходе выполняемого нами мониторинга было установлено, что впервые за всю историю наблюдения в 1997 году весеннее половодье на крупном притоке Волги - реке Оке было таким низким, что разлива и затопления поймы не произошло. Это явление в последующем из уникального стало регулярным. Более того, последовали четыре года подряд (2014-2017) без затопления поймы в весеннее половодье. В 2018 году уровень паводковых вод в Оке был ниже среднего с частичным затоплением только участков поймы низкого уровня, а в 2019 снова не произошло выхода полых вод на пойму. В итоге возросли риски осуходоливания поймы р. Оки, снижения или полного отсутствия паводковой влагозарядки аллювиальных почв, что при совместном действии дефицита атмосферных осадков в мае-июне приводило к снижению уровня влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы ниже оптимальных значений и недобору урожая.

Экспериментальные данные показывают (табл. 2), что в такие годы влажность почвы в период от всходов до бутонизации картофеля снижается ниже критических значений, доходит до 48...57% ППВ. В результате угнетения растений в начальный период вегетации урожайность составила, например, в 2014 году 14,3 т/га, и проведение двух поливов в фазы цветения и бутонизации уве-

лично урожайность только до 17 т/га, что существенно ниже потенциальной продуктивности сорта и уровня урожайности при поливах в другие годы. Например, в 2015 г., когда влажность почвы в начальный период вегетации была оптимальной (0,7-0,9 ППВ), урожайность картофеля составила 18,8 т/га. Жаркий и сухой май 2018 г. еще сильнее повлиял на урожайность картофеля, которая составила около 13 т/га, несмотря на благоприятный гидрометеорологический режим в последующие месяцы, когда дополнительное увлажнение не требовалось даже в фазы бутонизации и цветения картофеля. Отметим, что применение гидратированного торфа для обработки клубней и растений в вариантах «ПРУ+ГТ» повышало урожайность по сравнению с абсолютным контролем на 7 т/га, или в 1,3 раза.

Таблица 2 – Влияние водного режима почвы и погодных условий в начале вегетации на урожайность раннего картофеля сорта «Красавчик»

Дата	Влагозапасы в слое 0,2 м, мм	ППВ, %	УГВ, м от поверхности земли	Урожайность, т/га	
				Вариант ПРУ	Контроль
2014 г., посадка 14 мая, всходы с 7 по 20 июня, 2 полива, норма увлажнения 52 мм					
02.06	33	48	1,33	17	14,3
10.06	35	51	1,50		
2018 г., посадка 22 мая, всходы с 9 по 22 июня, полив не проводился					
21.06	39	57	1,58	13,2	12,3

В результате мы приходим к выводу, что в связи с аридизацией климата и осуходоливанием поймы р. Оки возникает необходимость дополнительного увлажнения раннего картофеля не только в влагопотребовательные фазы бутонизации и цветения, но и в межфазный период от всходов до бутонизации. Это необходимо учитывать при формировании эксплуатационного природоохранного режима увлажнения, рекомендуемые параметры которого приведены в таблице 3.

Таким образом, усовершенствованный природоохранный эксплуатационный режим увлажнения аллювиальной почвы включает не только поливы в наиболее влагопотребовательные фазы цветения и бутонизации, как рекомендовалось ранее, но дополняется еще поливом в межфазный период от всходов до бутонизации. Расчетный слой в этот период следует принимать равным 0,2 м, предполивной порог 0,65 ППВ. Число поливов с вероятностью 0,9 увеличивается на один полив нормой 15 мм. Гидрологическое обоснование и техника гидромелиоративного режима приведены в работе [4].

Таблица 3 - Параметры эксплуатационного природоохранного режима увлажнения аллювиальной почвы при возделывании картофеля с учетом изменения климата и осуходоливания поймы

Межфазные периоды вегетации	Расчетный слой почвы, м	Предполивная влажность почвы		Послеполивная влажность почвы		Поливная норма, мм
		в долях ППВ	в мм	в долях ППВ	в мм	
1. Всходы – начало бутонизации (всходы – начало образования клубней)	0,2	0,65	45	0,9	60	15
2. Начало бутонизации – конец цветения (начало образования клубней – формирование клубней)	0,4	0,7	93	0,9	118	25
3. Конец цветения – увядание ботвы (формирование клубней – увядание ботвы)	-	-	-	-	-	-

Сезонная норма увлажнения, равная сумме поливных норм, устанавливается в зависимости от гидротермических условий по предложенной нами зависимости [5]:

$$M = \frac{R_1}{0,1LR_1} - P \pm \Delta W \pm g, \quad (1)$$

где: M – оросительная норма, мм; $R_1 = 1,04R$ – радиационный баланс деятельной поверхности в условиях орошения земель, ккал/см²; L – скрытая теплота парообразования, равная 0,6 ккал/см³; \bar{R}_1 – гидротермический коэффициент в условиях орошения; ΔW – изменение влагозапасов в расчетном слое почвы, мм; P – атмосферные осадки, мм; g – вертикальный влагообмен, алгебраическая сумма восходящих (подпитывание корнеобитаемого слоя почвы грунтовыми водами) и нисходящих (инфильтрация атмосферных осадков и поливных вод за пределы корнеобитаемого слоя почвы) потоков влаги, мм.

Для обеспечения благоприятных теплоэнергетических и гидрологических условий почвообразования в условиях Рязанской области определено значение экологической сезонной нормы увлажнения по формуле (1), которое для жарких и засушливых лет составляет 155 мм при значении гидротермического коэффициента $\bar{R}_1 = 1$.

Заключение

1. В результате потепления климата наблюдается изменение гидрометеорологических параметров в Европейской части России и в Рязанской области, которое отражается на гидрологическом режиме крупного притока Волги р. Оке, что приводит к осуходоливаю пойменных агроландшафтов и вызывает необходимость совершенствования мелиоративных технологий. В частности, дополнительное увлажнение раннего картофеля, возделываемого на аллювиальных почвах, следует проводить не только в вла-

- готребовательные фазы бутонизации и цветения, но и в межфазный период от всходов до бутонизации.
2. Параметры усовершенствованного природоохранного эксплуатационного режима предусматривают в межфазный период всходы-бутонизация поливную норму 15 мм при расчетном слое 0,2 м и предполивном пороге 0,65 ППВ. В фазы цветения и бутонизации параметры режима увлажнения не изменяются. Значение экологической нормы увлажнения, обеспечивающее благоприятные теплоэнергетические и гидрологические условия почвообразования, составляет для засушливых лет 155 мм.
 3. Для производства раннего картофеля на осушаемых аллювиальных почвах рекомендуется технология с усовершенствованным природоохранным режимом увлажнения и обработкой клубней гидратированным торфом. Если увлажнение не применяется по гидрометеорологическим или технологическим причинам рекомендуется технология с применением гидратированного торфа.

Список использованных источников

1. Айдаров И. П., Голованов А. И., Никольский Ю. Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. – М.: Агропромиздат, 1990. – 60 с.
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. – М: Росгидромет, 2019. – 79 с.
3. Костяков А.Н. Основы мелиораций. 6 изд. –М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.
4. Пыленок П.И. Гидромелиоративный рециклинг. Научное обоснование, технология, экология. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018.-258 с.
5. Пыленок П. И., Сидоров И. В. Природоохранные мелиоративные режимы и технологии. – М, Россельхозакадемия, 2004. -323 с.
6. Пыленок П. И., Кузьмичева С. Е., Шлыков Д.А. Формирование эксплуатационного режима увлажнения раннеспелого картофеля на аллювиальной почве Окской поймы// В сб.: Инновационные технологии в мелиорации Костяковские чтения; материалы Международной научно-практической конференции. Москва, 2011. С. 151-156.

References

1. Aidarov I. P., Golovanov A. I., Nikolsky Yu. N. Optimization of reclamation regimes of irrigated and drained agricultural lands. - Moscow: Agropromizdat, 1990. - 60 p.
2. Report on climate features on the territory of the Russian Federation for 2018. - M: Roshydromet, 2019. - 79 p.
3. Kostyakov A. N. Fundamentals of land reclamation. 6 ed. - Moscow: Selkhozgiz, 1960 – - 622 p.
4. Pylenok P. I. hydro-Reclamation recycling. Scientific justification, technology, ecology. - LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. -258 p.
5. Pylenok P. I., Sidorov I. V. Environmental reclamation regimes and technologies. - M, Russian agricultural Academy, 2004. -323 p.
6. Pylenok P. I., Kuzmicheva S. E., Shlykov D. A. Formation of the operational mode of humidification of early-maturing potatoes on the alluvial soil of the Oka floodplain// In proceedings: Innovative technologies for irrigation Kostkowska reading; materials of International scientific-practical conference. Moscow, 2011. Pp. 151-156.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЦЕНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАПРОГРАММИРОВАННЫХ УРОЖАЕВ ЗЕМЛЯНИКИ В УСЛОВИЯХ КАМЕРЫ ИСКУССТВЕННОГО КЛИМАТА

Раткович Е.Л.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Аннотация. В работе исследуется задача оптимизации режимов водопотребления и полива земляники садовой с использованием совокупности методов лабораторно-полевых исследований с имитационным моделированием. Рассматриваются технологические параметры выращивания культуры в условиях климатической камеры фитотрона. Изучается влияние неблагоприятных факторов внешней среды на рост и развитие земляники садовой.

Ключевые слова: земляника, имитационное моделирование, фитотрон

SIMULATION OF SCENARIO STUDIES GETTING PROGRAMMED YIELDS STRAWBERRIES IN CONDITIONS ARTIFICIAL CLIMATE CAMERAS

Ratkovich E. L.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

Abstract. The article investigates the task of water consumption and watering optimizing for garden strawberries using a combination of laboratory-field research methods with simulation. Considered the technology parameters of growing a crop in laboratory conditions using a phytotron. Analyzed the factors of the adverse environmental factors influence on the garden strawberries growth.

Keywords: strawberry, simulation modeling, phytotron

Целями «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» являются ускорение замещения импорта фруктов и ягод и повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках, что обеспечивается финансовой поддержкой на сумму более 300 млрд. рублей [5].

Целью инвестиций является решение целого ряда отраслевых проблем, включая внедрение результатов теоретических научных исследований и инновационных технологий, которые оптимизируют производство высококачественной продукции и гарантируют рациональное использование, обработку и хранение плодово-ягодной продукции.

По результатам анализа российского экспорта земляники и клубники наша страна имеет хорошие перспективы в развитии этого кластера [1,6].

Настоящие исследования связаны с разработкой агротехнологических приемов выращивания садовой земляники, направленных на повышение ее продуктивности.

Это один из видов плодово-ягодной продукции, необходимый для достижения показателей продовольственной независимости не менее 60%, что указано в «Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации» [7].

Достижение нормативов продовольственной безопасности и задача импортозамещения ягодной продукции (клубники и земляники, которые составляют наибольшую долю импортного рынка), в частности, может быть решена для субъектов Сибирского федерального округа. По статистике валового сбора ягод, среднегодовому производству плодов и активному развитию промышленного садоводства Алтайского края, данный регион имеет все возможности и ресурсы для того, чтобы обеспечить свою продовольственную независимость в плодово-ягодном секторе [3]. Так же имеется возможность усиления импортозамещающих мощностей, например, за счет ввоза продукции из Волгоградской области.

Формирование продукционного процесса и запланированной урожайности земляники, обусловлено дозами минеральных удобрений, водным режимом почвы и климатическими условиями.

В условиях климатической камеры возможно моделирование различных сценарных вариантов проявления факторов окружающей среды в системе «почва-растение-атмосфера» для изучения ответной реакции исследуемой культуры.

Анализ литературных источников показывает, что изучение земляники не теряет своей актуальности. Существует большое количество исследований и статей, посвященных тепличному выращиванию данной культуры. В качестве примера можно привести исследование сотрудниками Исследовательского Института Солнечной Энергии Юньнаньского Университета в Китае температурно-световых воздействий, которое показывает увеличение роста, качества и урожайности земляники в теплице, построенной с применением непрозрачных фотоэлектрических модулей (OPV) и системы солнечных тепловых насосов [9].

Одним из основополагающих факторов повышения урожайности земляники являются оптимальные температурные условия. Их поддержание и регулирование в тепличном хозяйстве может осуществляться при помощи термостатов, термодатчиков и систем вентиляции. Создание благоприятных температурно-влажностных условий для выращивания земляники возможно за счет использования новых технических решений и компьютерных технологий, которые могут контролировать водный и пищевой режимы, оптимально повышать или понижать температуру окружающей среды, дистанционно управляя термостатом, одновременно повышая эффективность и обеспечивая высокую урожайность.

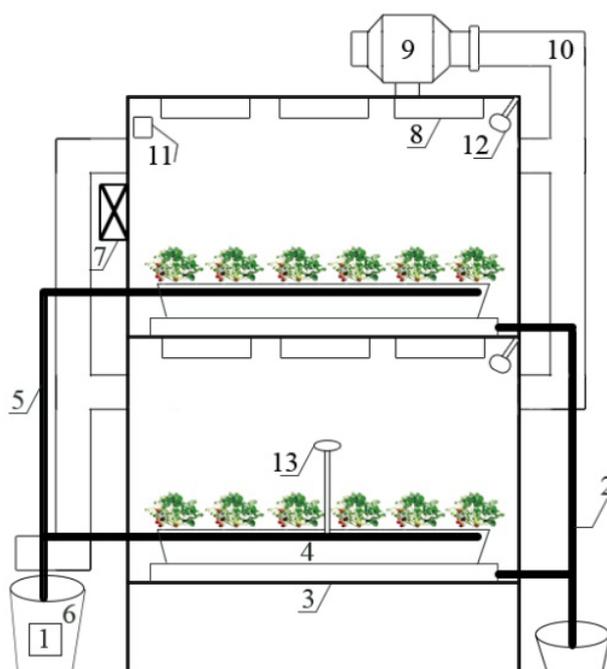
Одним из основополагающих инновационных инженерных решений является имитационное моделирование, начало которому было положено Джеффри Гордоном, создателем языка имитационного моделирования GPSS World и ос-

нователем дискретно-событийного подхода к моделированию в середине XIX века.

В настоящее время модели водопользования и прогнозирования урожайности активно используются за рубежом. AquaCrop в США, SWACROP в Европе, WOFOST в Латинской Америке и Азии.

Для изучения влияния неблагоприятных температурных факторов на рост и развитие культуры был создан проект физической модели - фитотрона [4,8].

В лабораторных условиях ВНИИГиМ с учетом анализа существующих технологий был разработан автоматизированный вегетационный шкаф - фитотрон, в котором параметры температуры, влажности воздуха и влажности почвы контролируются дистанционно в режиме "on-line". Схема вегетационного шкафа представлена на рисунке 1.



- 1 - Насос
- 2 - Система дренажа
- 3 - Поддон
- 4 - Вегетационный сосуд
- 5 - Капельная линия
- 6 - Ёмкость с питательным раствором
- 7 - Модуль автоматического управления
- 8 - Лампа светодиодная
- 9 - Система вентиляции
- 10 - Канальный вентилятор
- 11 - Датчик температуры и влажности воздуха
- 12 - Видеокамера
- 13 - Стойка МДД

Рисунок 1 – Схема вегетационного шкафа для моделирования сценарных исследований в системе «почва-растение-атмосфера»

В камере искусственного климата исследуется два варианта режима орошения:

Вариант I - размещен в 1 секции - капельное орошение,

Вариант II – размещен во 2-ой секции - капельное орошение + мелкодисперсное дождевание (комбинированное орошение).

Вегетационный шкаф планируется доработать автоматической стойкой мелкодисперсного дождевания, позволяющей при превышении заданного порога температуры воздуха, производить включение распылительной насадки, таким образом снижая температуру растений и увеличивая влажность воздуха, создавая благоприятный микроклимат посадок. Также в ходе исследований выявлена необходимость установки видеокамер на обоих ярусах для контроля формирования продукционного процесса и более точного определения сроков наступления фенологических фаз развития земляники.

В качестве образцов для лабораторного эксперимента были отобраны 12 растений земляники садовой сорта Альба, взятые из теплиц фермерского хозяйства «Садко» Дубовского района Волгоградской области.

Условия в фитотроне максимально приближены к опытному фермерскому участку, на котором проводятся полевые исследования на капельном и комбинированном (капельное + мелкодисперсное дождевание) орошении.

Полевые эксперименты включают следующие варианты водного режима почвы: А1 – поддержание дифференцированного порога предполивной влажности на уровне 80-70% НВ: 80%. НВ от начала вегетации до созревания в слое 0,4 м, 70% НВ в слое 0,4 м после сбора ягод и до конца вегетационного периода; А2 – поддержание постоянного порога предполивной влажности на уровне 70 % НВ в том же горизонте в течение всего вегетационного периода; А3 – поддержание дифференцированного порога предполивной влажности на уровне 90-70 % НВ: 90%. НВ от начала вегетации до созревания в слое 0,4 м, 70% НВ в слое 0,4 м после сбора ягод и до конца вегетационного периода.

Схема посадки показана на рисунке 2.

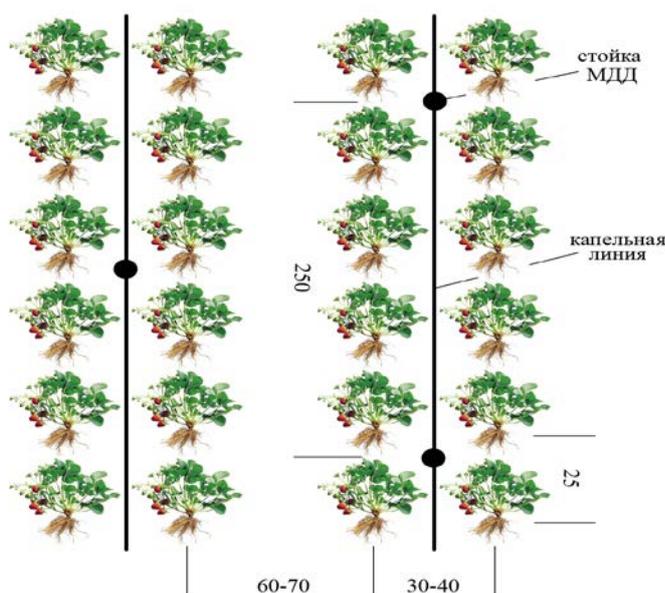


Рисунок 2 - Схема полевого опыта в КФХ «Садко»

Дозы внесения минерального питания для планируемой урожайности 20 и 25 т/га рассчитаны балансовым методом в зависимости от содержания в почве легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия. Стойки мелкодисперсного дождевания включаются автоматически при температуре воздуха 32-35°C и относительной влажности менее 45-50% на 5-7 минут с периодичностью один раз в час.

Эффективность и рациональность способа комбинированного полива по сравнению с капельным в аридных условиях Волгоградской области доказана исследованиями Бородычева В.В. [2].

Таким образом, данные исследования на базе имитационной модели дадут возможность управлять системой «почва-растение-атмосфера» в режиме реального времени с учетом прогнозной информации и получать высокие и стабильные урожаи ягод земляники садовой.

Список использованных источников

1. Аналитический отчет TEBIZ GROUP за 2019 год [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://tebiz.ru/assets/pdf/mi/eksport-zemlyaniki-i-klubniki-iz-rossii.pdf>
2. Бородычев В.В., Гуренко В.М. Адаптивная технология производства ягод земляники в континентальных условиях Нижнего Поволжья / В сборнике: Современные тенденции устойчивого развития ягодоводства России (земляника, малина). Сборник научных трудов, посвященный 90-летию со дня рождения кандидата сельскохозяйственных наук К.Т. Ярковой. Воронеж: Кварта, 2019. –Том 2., С. 28-29.
3. Борисова О.В., Хропатая И.Ю. Развитие рынка ягод как фактор обеспечения продовольственной безопасности региона // Фундаментальные исследования – 2015. – № 2 (часть 19) – С. 4239-4243
4. Патент РФ №2557572 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/255/2557572.html>.
5. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>
6. Проняева Л.И., Федотенкова О.А. Программно-целевой подход в управлении развитием плодово-ягодного кластера в регионе // Региональная экономика: теория и практика – 2017. – Т. 15, № 8. – С. 1465 – 1477.
7. Указ Президента РФ от 21.01.2020 N 20 Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386.
8. Фитотрон - климатическая камера для выращивания растений [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.laserapr.ru/fitotron>
9. Tang, Yilian & Ma, Xun & Li, Ming & Wang, Yunfeng. (2020). The effect of temperature and light on strawberry production in a solar greenhouse. Solar Energy. 195. 318-328. 10.1016/j.solener.2019.11.070.

References

1. Analytical report of TEBIZ GROUP for 2019 [Electronic resource] -Mode of access: <https://tebiz.ru/assets/pdf/mi/eksport-zemlyaniki-i-klubniki-iz-rossii.pdf>
2. Borodychev V. V., Gurenko V. M. Adaptive technology of strawberry production in continental conditions of the Lower Volga region / In the collection: Modern trends in the sustainable development of berry growing in Russia (strawberries, raspberries). Collection of scientific papers dedicat-

ed to the 90th anniversary of the birth of candidate of agricultural Sciences K. T. Yarkova. Voronezh: Quarta, 2019. –Volume 2., Pp. 28-29.

3. Borisova O. V., Khropataya I. Yu. Development of the berry market as a factor of ensuring food security in the region // Fundamental research-2015. - № 2 (part 19) - Pp. 4239-4243.

4. Patent of the Russian Federation N 2557572 [Electronic resource] - access Mode: <https://findpatent.ru/patent/255/2557572.html>.

5. Resolution of the Government of the Russian Federation of July 14, 2012 N 717 On the State program for the development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food [Electronic resource] - access Mode: <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>

6. Pronyaeva L. I., Fedotenkova O. A. Program-target approach in managing the development of the fruit and berry cluster in the region // Regional economy: theory and practice-2017. - Vol. 15, N 8. - P. 1465-1477.

УДК 631.95

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.57.93.026

ИСПАРЕНИЕ С ПОВЕРХНОСТИ ГРУНТОВЫХ ВОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВОГРУНТОВ

Сейтказиев А.С., Салыбаев С.Ж., Абдешов К.Б.

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г.Тараз, Республика Казахстан

Аннотация. Испарение с поверхности грунтовых вод является самым важным фактором, определяющим засоление почвы. Количественное определение испарения для почвогрунтов, имеющих разные водно-физические свойства имеет большое научное и практическое значение в практике орошаемого земледелия.

Ключевые слова: испарение, мелиорация, почвообразование, грунтовые воды, засоление

EVAPORATION FROM THE GROUND WATER SURFACE DEPENDING ON THE SOIL SALINITY

Seitkaziev A. S., Sarybaev, S. J., Abdeshev K. B.

Taraz state University .M. H. Dulati, Taraz, Republic of Kazakhstan

Abstract. Evaporation from the surface of the groundwater is the most important factor determining the salinization of the soil. The quantitative determination of evaporation for soils with different water-physical properties is of great scientific and practical importance in the practice of irrigated agriculture.

Key words: evaporation, reclamation, soil formation, groundwater, salinization

Введение

Решение ряда важных экологических и мелиоративных проблем связано с необходимостью надежного количественного прогноза продуктивности сельскохозяйственных растений в различных климатических условиях и при разных режимах питания. Основными проблемами являются: обоснование решений по рациональному использованию ресурсов биосферы, оценка

мероприятий по охране окружающей среды, разработка водосберегающей технологии на засоленных орошаемых землях, совершенствование систем мелиорации земель и прочее.

Цель создания условий для улучшения почвообразовательного процесса, обеспечивающего возможность расширенного воспроизводства плодородия почвы в геоэкосистеме, заключается в необходимости сохранения автоморфного режима почвообразования, при котором грунтовые воды рекомендуется поддерживать на достаточно большой глубине, чтобы предупредить возможность вторичного засоления почвы при минимальных затратах поливной воды.

В настоящее время в мелиорации почв есть некоторые проблемные вопросы, которые являются не полностью решенными и требуют специального исследования. Это - определение значений испарения с поверхности грунтовых вод; прогноз солевого режима в межполивной период; определение значений критического залегания уровня грунтовых вод и другие [1-2].

Испарение с поверхности грунтовых вод (ИПГВ) является самым важным фактором засоления почв. Поэтому количественное определение его значений для почвогрунтов, имеющих разные водно-физические свойства, имеет большое научное и практическое значение.

Методы исследования. Для изучения испарения с поверхности грунтовых вод на каждом опытном участке выделено 5 площадок, лишенных растительности. Площадки отличались друг от друга по солесодержанию почвогрунтов и минерализации грунтовых вод. Проведенные многолетние исследования показали, что определенному солесодержанию почвогрунтов соответствует определенная минерализация грунтовых вод. Так, например, если среднее солесодержание в верхнем метровом слое почвогрунтов составляет не более 0,30% и на трехметровой глубине не превышает 0,6% (по плотному остатку), то в таких условиях минерализация грунтовых вод колеблется в пределах от 2 до 5 г/л.

Испарение с поверхности грунтовых вод определялось по методу водного баланса. Для этой цели также использовались материалы полевых лизиметрических определений [1]. Полученные данные внесены в таблицу 1 и отображены на рисунке 1. Из таблицы и рисунка видно, что наиболее высокие значения испарения с поверхности грунтовых вод наблюдается, когда уровень грунтовых вод залегает на глубине выше одного метра от поверхности земли, а наименьшие значения на глубине около 2,0 - 3,0 м в зависимости от водно-физических свойств почвогрунта.

Обработка материалов, приведенных в таблице 1, показала, что связь испарения грунтовых вод с глубиной залегания их уровня имеет экспоненциальный характер и подчиняется следующему уравнению [1-3]:

$$E_{\text{ЫСББ}} = E_0 \left(1 - \frac{h}{H_{\text{ТСК}}} \right) e^{-nh}, \quad (1)$$

где: E_0 - испаряемость, м; h - глубина залегания грунтовых вод, м; $H_{впс}$ - водоподъемная способность почвогрунтов, м; e - основание натуральных логарифмов; n - параметр, учитывающий водно-физические свойства почвогрунтов.

Испаряемость с поверхности почвы в условиях Средней Азии определяется по следующей формуле [2-5]:

$$E_0=0,0018(25+t)^2.(100-a), \quad (2)$$

где: t -температура воздуха, °С; a -относительная влажность воздуха, %.

Величины водоподъемной способности определены в зависимости от гранулометрического состава почвогрунтов. Для этой цели использованы литературные данные (Ковда В.А., Качинский А.А., Мамедов А. и др.). Выявлено, что для 1-5 групп почв (по степени засоления, см. рис. 1) водоподъемная способность составляет соответственно: 2; 2.8; 4; 5; 6.5.

Параметр, учитывающий водно-физические свойства почвогрунтов увеличивается от почвы, имеющей легкий гранулометрический состав к тяжелому, и по пяти группам почв составляет соответственно: 0.7; 0.9; 1.1; 1.3; 1.5.

Количество поднимающихся солей в верхние слои почвы за счет грунтовых вод ($C_{гр}$) можно определить по следующей формуле [1,5,6]:

$$C_{гр}=E_{ипгв} hdM/10^3, \quad (3)$$

где: $E_{ипгв}$ - испарение с поверхности грунтовых вод, м³/га; M - минерализация грунтовых вод, ‰; d - плотность почвы, т/м³; h - слой почвогрунтов, в котором идет накопление солей, м.

Таблица 1 - Зависимость содержания солей от испарения с поверхности грунтовых вод (т/га, ‰)

Минерализация грунтовых вод г/л	Начальное засоление (0-1м) % т/га		Уровень залегания грунтовых вод . м							Примечания	
			0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	3.5		4.0
Глинистый			1143	754	495	213	90	15.7	6.34	2.5	γ=1.45т/м ³ n=1.5 H _{впс} =6.5м
1.5	0.3	44	1.715	1.131	0.743	0.320	0.135	0.024	0.0095	0.0038	
			0.497	0.321	0.215	0.093	0.039	0.0068	0.0055	0.0011	
2	0.5	80	2.286	1.508	0.990	0.426	0.180	0.031	0.013	0.0050	
			0.829	0.547	0.359	0.154	0.065	0.011	0.0046	0.0018	
3	0.6	87	3.429	2.262	1.485	0.639	0.270	0.047	0.019	0.0075	
			0.994	0.656	0.431	0.185	0.078	0.014	0.0055	0.0022	
4	1.5	218	4.572	3.016	1.980	0.852	0.360	0.063	0.0254	0.010	
			2.486	1.640	1.077	0.463	0.196	0.034	0.014	0.0054	
5	2	290	5.715	3.77	2.475	1.065	0.450	0.078	0.032	0.0125	

			3.315	2.187	1.436	0.618	0.261	0.046	0.018	0.0073	
--	--	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--

Результаты исследования

Отбор проб воды в 2010-2013 годы, проводился в вегетационный период и во время промывки (ежемесячно) – в зависимости от режима орошения и технологии промывок. Результаты показывают, что определенной степени засоления почвогрунтов соответствует уровень минерализации грунтовых вод (рис.1).

Моделирование прогноза подъема уровня грунтовых вод под влиянием инфильтрации поливных вод осуществлено, исходя из того положения, что зона аэрации к началу подъема уже заполнена водой. В расчеты временных сопротивлений закладывалась величина коэффициента водоотдачи. Таким образом, полученные прогнозы динамики подъема уровня, не учитывают времени на насыщение сухого грунта. Расчет этого времени проведен нами для интервала грунтов, находящихся между естественным уровнем грунтовых вод и критической глубиной, считая, что грунт в зоне аэрации будет насыщаться в пределах от естественной влажности до наименьшей влагоемкости [5].

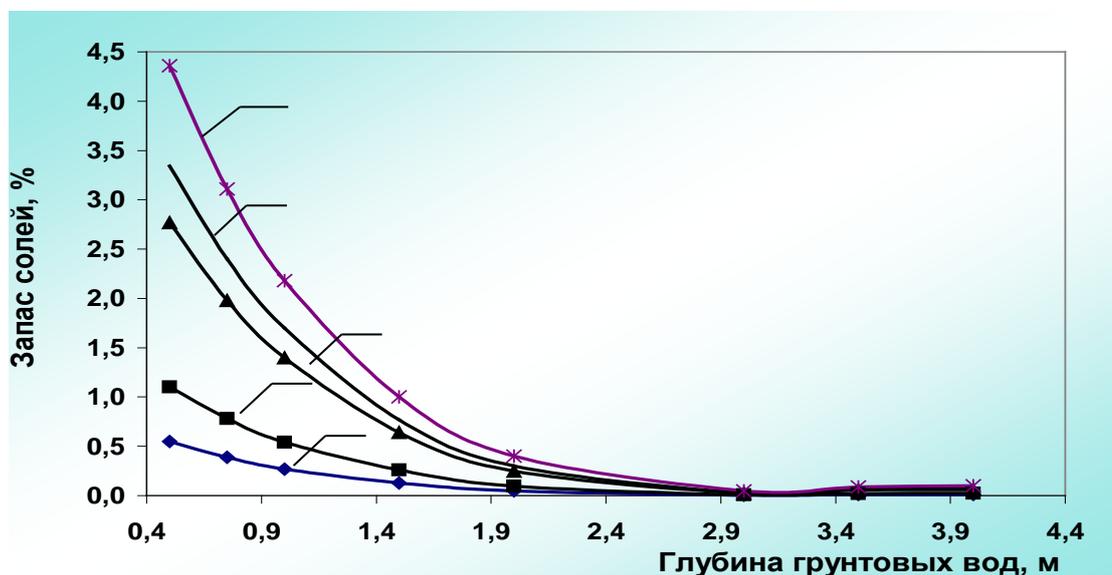


Рисунок 1 – Запас солей в почве в зависимости от глубины залегания грунтовых вод:

1 – очень сильнозасоленные, 2 – сильнозасоленные, 3 – среднезасоленные, 4 – слабозасоленные, 5 - не засоленные

При разработке эколого-мелиоративных мероприятий учитывались такие факторы как проявление накопления токсичных веществ, последствия накопившихся вредных веществ. Соответственно, для каждого вида полива и промывок были разработаны способы предупреждения накопления токсичных веществ. При рассматриваемых видах полива необходимо прежде всего учитывать запасы влаги в корнеобитаемом слое, проводить высев определенных культур. Наибольший эффект предлагаемых мероприятий будет достигнут в том случае, если эколого-мелиоративные мероприятия проводить на фоне глубокого рыхления.

Важными являются данные об интенсивности вымывания при промывках различных анионов и катионов солей. Исследования показали, что в процессе промывки наиболее быстро и полно вымывается хлор, значительно меньше и медленнее – анион SO_4 , наиболее медленно и в малом количестве – кальций.

Обсуждения и выводы. Основываясь на многолетних исследованиях сероземно-луговых засоленных почв и анализируя почвенно-экологическое состояние изучаемого массива орошения, сделаны следующие выводы:

- на основе изученных данных по почвенно-климатическим условиям для сероземно-луговых карбонатных почв в условиях недостаточной влажности необходимо регулирование водного режима корнеобитаемого слоя;

- проведена экологическая оценка засоленных земель с учетом их тепло- и влагообеспеченности на основе изучения водного режима и степени засоления почвы при различных технологиях полива, что дает возможность определить уровень экологической опасности;

- в зависимости от глубины залегания грунтовых вод определены запасы солей в почве и объем испарения с поверхности грунтовых вод. При этом учитывались водно-физические свойства группы почв, содержание солей и минерализация грунтовых вод.

Список использованных источников

1. Сейтказиев А.С., Байзакова А.Е. Режим грунтовых вод, приуроченных к бассейнам рек. // Вопросы мелиорации № 5-6. –М.: 2003. –С. 93-98.
2. Сейтказиев А.С. Комплекс мелиоративных мероприятий и моделирование переноса солей на засоленных почвах // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России, Материалы междунаро. научно-практ. конф. (Костяковские чтения) 20-21 марта 2013, Москва, -С.82-86.
3. Хоффан, Дж.Дж. и др. Засоленность почв на орошаемых землях. Москва, 1986, -62с.
4. Сейтказиев А.С., Мусаев А.И. Методы улучшения продуктивности засоленных земель // Гидрометеорология и экология. –Алматы: 2010, №3, -С. 163-173.
5. Сейтказиев А.С., Салыбаев С.Ж., Музбаева К.М., Байзакова А.Е. Экологическая оценка продуктивности улучшения засоленных земель в пустынных зонах Республики Казахстан. -Тараз, 2011, -274с.
6. Сейтказиев А.С. Почвенно-экологическая оценка засоленных земель в условиях аридной зоны // Материалы междунаро. научно-практ. конф. «Мелиорация в России – традиции и современность» посвящена 110-летию С.Ф. Аверьянова, Москва, 2013, -С. 162-170.

References

1. Seytkaziev A.S., Bayzakova A.E. Groundwater regime associated with river basins. Issues of Land Reclamation No. 5-6. Moscow. 2003. Pp. 93-98.
2. Seitkaziev A.S. The complex of reclamation activities and modeling of salt transport on saline soils // Land Reclamation and Problems of Restoring Agriculture in Russia, Materials of the International Scientific and Practical Conference (Kostyakov Readings) March 20-21, 2013, Moscow, Pp. 82 -86.
3. Hoffan, J.J. and others. Salinity of soils on irrigated lands., Moscow, 1986, -62 p.
4. Seitkaziev A.S., Musaev A.I. Methods for improving the productivity of saline lands // Hydrometeorology and ecology. Almaty, 2010, No. 3, Pp. 163-173.
5. Seitkaziev A.S., Salybaev S.Zh., Muzbaeva K.M., Bayzakova A.E. Environmental assessment of the productivity of improving saline lands in the desert zones of the Republic of Kazakhstan. Taraz, 2011, -274 p.

6. Seytkaziev A.S. Soil-ecological assessment of saline lands in the arid zone // Materials of international scientific and practical. Conf. "Reclamation in Russia - traditions and modernity" is dedicated to the 110th anniversary of S. F. Averyanov, Moscow, 2013, Pp. 162-170.

УДК 631.6

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.74.19.027

КЛИМАТ И ЛАНДШАФТЫ – ВЕКТОРЫ МЕЛИОРАЦИИ БАРАБИНСКОЙ РАВНИНЫ

¹Устинов М.Т., ²Глистин М.В.

¹ИПА СО РАН, г.Новосибирск, Россия;

²ООО «Запсибгипроводхоз», г.Новосибирск, Россия

Аннотация. Биосферное положение Барабинской равнины с ее сложным природно-мелиоративными условиями за 125-летний период исследования подтверждает, что одним из основополагающих векторов почвообразования являются климат и ландшафты. Климатическая цикличность и поэтапная аридизация Западной Сибири закономерно указывают на то, что Барабинская равнина требует постоянного внимания и ведения с ней равноправного «диалога» при проведении мелиорации земель, используя современные методологические подходы на базе современных данных изыскательских исследований и проектных решений.

Ключевые слова: цикличность климата, ландшафт, аридизация, озерная пойменность, прогноз, мониторинг

CLIMATE AND LANDSCAPES-VECTORS OF RECLAMATION OF THE BARABINSK PLAIN

¹Ustinov M. T., ²Glistin M. V.

¹IPA SB RAS, Novosibirsk, Russia;

²ООО "Zapsibgiprovodkhoz", Novosibirsk, Russia

Abstract. The biosphere position of the Baraba plain with its difficult natural reclamation conditions over a 125-year study period confirms that climate and landscapes are one of the fundamental vectors of soil formation. Climatic cycles and stepwise aridization of Western Siberia naturally indicate that the Baraba Plain requires constant attention and equal dialogue with it during land reclamation, using modern methodological approaches based on modern data from research studies and design decisions.

Keywords: climate cycles, landscape, aridization, lake floodplain, forecast, monitoring

Барабинская равнина (Бараба), ранее называемая низменностью, расположена в Новосибирской и Омской областях в пределах Обь-Иртышского междуречья, является переходной зоной от северных таежных болот Васюганья к степям Кулунды. Эта экотонная зона регионального масштаба служила базисом эрозии для частично размывавшегося в эпохи отложения нижних террас Обь-Иртышского водораздела.

В 2020 году исполнилось 125 лет экспедиции И.И. Жилинского по мелиоративному обустройству великой и уникальной, среди природных объектов мелиорации, Барабы. Это были первые шаги по ее мелиорации, где по произведенным нивелировочным и рекогносцировочным изысканиям была выполнена канализация (перераспределение влаги в ландшафтах) Барабы. Более чем 100-

летняя мелиорация Барабы показала, что начатые и недовершенные до конца осушительные или не в полной мере выполненные другие мелиоративные мероприятия, активизируют действия природных факторов, снижающих плодородие земель, и провоцируют зарастание и заиление каналов, а также заболачивание и засоление почв.

За 125-летний период, с разных сторон и с различными методологическими подходами человечество пыталось «укротить» сложный природный нрав Барабы, которая, при любом просчете технических решений по мелиорации земель, активно стремилась к «девственному» состоянию. Мелиорация Барабинской равнины с ее уникальным природно-мелиоративным разнообразием, служит, а, может быть, и в дальнейшем будет служить высокоэффективным полигоном по выработке решений мелиоративных мероприятий для сохранения и оптимизации плодородия почв Западной Сибири.

Биосферное положение Барабы, как базиса эрозии [1], как экотонной зоны [5], как (по А.В. Шнитникову [6]) территории, находящейся в Северном полушарии с пульсирующим увеличением аридизации в многовековых циклах, создает условия сложно-мозаичного почвообразования. Среди широкого спектра показателей почвообразования особо выделяются: общая равнинность и бессточность территории; проявление палеогидроморфизма и палеогалогенеза; приуроченность к провинции содового засоления; пульсирующая цикличность увлаженности и аридизации территории; высокое стояние уровней грунтовых вод с повышенной минерализацией; наличие гривного рельефа на территориях со слабой естественной дренированностью; хорошо развитый микро- и макро-рельеф; значительная площадная заболоченность при слабой естественной дренированности; сложное сочетание торфоаккумулирующих экосистем, изобилующих почвенными разновидностями – засоленными, рассоляющимися, заболоченными; наличие болотных засоленных почв, используемых в сельскохозяйственном производстве; глубокое сезонное промерзание и медленное оттаивание почвогрунтов; содовый характер слабоминерализованных подземных вод, широко используемых для орошения в юго-западных районах; озерная пойменность обсыхающих многочисленных озер.

Сложный природный комплекс Барабы требует взвешенных решений при мелиорации, дифференцирования региональных и локальных особенностей с выявлением главенствующих факторов почвообразования, учет современного состояния структуры почвенного покрова на базе прогноза (направленности почвообразовательных процессов) и натурных исследований проектируемых и мелиорируемых осушительных и оросительных систем.

Научные исследования и практика мелиорации Барабы приводят к выводу, что климат и ландшафты являются основополагающими векторами почвообразования на территории Барабинской равнины, а, следовательно, и векторами ее мелиорирования.

В формировании геоморфологии и структуры почвенного покрова важную роль сыграл климат. Чередование ледниковых, холодных, влажных периодов с жаркими на территории Западно-Сибирской равнины повторялось несколько раз, сформировав современный облик Барабы. Как точно обозначил С.М. Шуг-

рин [7], современная научная парадигма освоения Барабы, характеризующаяся разнообразием климатических зон, географических ландшафтов и экосистем, должна строиться на базе интегральных карт потоков энергии, вещества и воды с выделением биогенной и антропогенной миграции вещества.

В.В. Докучаев рассматривал климат как результат преломления солнечной энергии в конкретных условиях пространства и времени. Существует иерархическая система временных климатических циклов разных масштабов, которые имеют качественное различие. Каждая система формирует характерный для нее набор ритмов (свой пульс) и способна связываться с иными системами, имеющими близкие ритмы. Исследования Дамона подтверждают существование 180-летнего цикла в последние 2000 лет [7]. Среди коротких, не превышающих 1-2 тысячи лет циклов, для нас важно учитывать 11-летние и 22-летние циклы геомагнитных полей, так как магнитный полюс достигает максимума в эпоху минимума солнечной активности. После достижения максимума активность меняет знак. С учетом изменения знака полярности, весь процесс повторяется через два 11-летних цикла. Так в Барабе проявляется пульсирующая цикличность аридизации и обводненности ее территории.

Изучение природы вековых, внутривековых и более коротких циклов увлажнения позволили В.А. Понько [4] найти ключи к долгосрочному прогнозированию аномалий осадков, водности рек и озер и адаптации к ним сельского и рыбного хозяйства и водных мелиораций. Такой прогноз для обоснования мелиорации необходимо детализировать через структуру почвенного покрова, особенность рельефа, перераспределяющего тепло и влагу, палеогидроморфизма и палеогалогенеза.

В Барабе рельеф (гривно-лощинный, замкнутые озерные впадины), как одна из основополагающих единиц в системе ландшафта, играет важную роль в перераспределении тепла и влаги, а, следовательно, в формировании структуры почвенного покрова. Климат, ландшафт и почва взаимообусловлены, зеркально отражая друг друга. Почвенный покров Барабы формируется в условиях пульсирующей аридизации биосферы и является ее «памятью». По почве можно диагностировать проявления климата: глобального, регионального и локального. Региональный климат отражен в стадии развития структуры почвенного покрова, а локальный - в фазах почвенных процессов, протекающих в условиях микроклимата, что очень характерно для Барабы. Подтверждение отражено в статье «Формирование и эволюция почв обсыхающих территорий соленых озер на примере озера Чаны» [3], где представлен многочисленный фактический материал и выводы по изучению динамики трансформирования водного объекта озера Чаны и находящегося в условиях пульсирующей цикличности обсыхания Юдинского плеса.

При оценке природно-мелиоративного состояния территории и ее биогеоценозов на современном уровне важно учитывать наличие на ней техноценозов. Техноценоз – это функционально специализированные технические объекты (в нашем рассмотрении: оросительные и осушительные системы, лиманное орошение, «каналы И.И. Жилинского»), управляемые профессиональными человеческими коллективами. Техноценозы радикально изменяют организацию био-

сферы в ее новом ноосферном состоянии [7]. Таким образом, мелиорация, как один из видов техноценоза, должна гармонично вплестаться в биогеноценозы, улучшая условия почвообразовательных процессов, учитывая экологические риски на базе эколого-мелиоративного прогноза и мониторинга почв.

Западно-Сибирская экспедиция И.И. Жилинского по канализации территории Барабы не в полной мере выполнила ее мелиорирование. На следующем этапе мелиорации Барабы, на фоне общего обсыхания территории и, особенно, в циклах обсыхания, при увеличении засоленности почв на равнинных низинах эффективно применяли лиманное орошение с использованием системы двойного регулирования водно-солевого режима почв, которая также эффективно работает и обязательна в осушительных системах, исходя из природно-климатических и мелиоративных условий Барабы. Мелиоративные мероприятия по территории Барабы должны быть применимы с учетом ее природного зонирования. Климатическая цикличность и постадийная аридизация Западной Сибири находят отражение в ландшафтном облике Барабы, с ярко выраженным многообразием зон и подзон с севера на юг. Для примера можно отметить, что Кыштовский (подтаежный) район заболочен, Чановский (лесо-степной и степной) район засолен, а Коченевский (лесо-степной) район уже обсыхающий и опресненный. Таким образом, каждый из районов требует специфического набора мелиоративных мероприятий. При применении мелиоративных мероприятий необходим учет, в какой фазе цикличности климата находится территория Барабы, что позволит сбалансировать осушительные и оросительные нормы и скоординировать уровни грунтовых вод и степень заболачивания и засоления почв. Все мелиоративные мероприятия целесообразно разрабатывать и внедрять с учетом гривно-ложбинного рельефа, замкнутых озерных понижений, структуры почвенного покрова на основе регулирования сложного водного и водно-солевого режимов почв. Важен учет скорости и степени зарастания территорий (систем осушения, обсыхающих озерных понижений) и качественно-видового состава залуженности открытых и обсыхающих территорий.

Таким образом, для проектирования как новых, так и реконструируемых объектов осушения и орошения требуются новые изыскательские исследования на современном уровне: гидрологические, геологические, гидрогеологические, топографические и геодезические, почвенно-мелиоративные. В настоящее время изученность почв и гидрогеологии Барабы для установления фазового и стадийного состояния почвенного покрова не соответствует тем данным, которые были установлены 30-40 лет назад. Старые исследования должны служить точкой отчета для мониторинга, прогноза направленности почвообразовательных процессов и влияния климата на Барабинскую равнину.

Список использованных источников

1. Ильин Р.С. Происхождение лессов. М., «Наука». 1978, 187 с.
2. Казанцев В.А., Магаева Л.А., Устинов М.Т. Эколого-мелиоративные особенности обсыхающей Барабы // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 6. – с. 27-29.
3. Казанцев В.А., Магаева Л.А., Устинов М.Т., Якутин М.В. Формирования и эволюция почв обсыхающих территорий соленых озер (на примере озера Чаны) // Сиб. экол. журнал. – 2005. – № 2. – с. 321-339.

4. Понько В.А. Изменчивость общего увлажнения и мелиорация Барабо-Кулунды // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 6. – с. 13-23.
5. Устинов М.Т., Глистин М.В. Почвообразование в экотонной зоне обсыхающих озер. ВКН.: Инновационные технологии мелиорации. Материалы международной и научно-практической конференции (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА. 2011 – с. 181-183.
6. Шнитников А.В, Изменчивость общей увлажненности материков Северного полушария. – М.; – Л.: Изд. АН СССР, 1957.
7. Шигрин С.М. Космическая организованность биосферы и ноосферы. Новосибирск: Сиб. предприятие РАН «Наука», 1999. – 496 с.

References

1. Pyin R. S. Provenance of lessov. M., " Nauka ", 1978. 187 p.
2. Kazantsev V. A., Magaeva L. A., Ustinov M. T. Ecologo-meliorative features of drying Baraba // Melioration and water management. - 2005. - № 6. - pp. 27-29.
3. Kazantsev V. A., Magaeva L. A., Ustinov M. T., Yakutin M. V. Formation and evolution of soils of drying territories of salt lakes (on the example of lake Chany) // Sib. Ecol. journal. - 2005. - N 2. - pp. 321-339.
4. Ponko V. A. Variability of General humidification and melioration of Barabo-Kulunda // Melioration and water management. - 2005. - N 6. - pp. 13-23.
5. Ustinov M. T., Glistin M. V. soil Formation in the ecotone zone of drying lakes. VKN.: Innovative technologies of land reclamation. Materials of the international scientific and practical conference (Kostkow reading). – М.: Publishing House. VNIIA. 2011. -pp. 181-183.
6. Shnitnikov A. V., Variability of the total moisture content of the continents of the Northern hemisphere. - М.; - Л.: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1957.
7. Shigrin S. M. Cosmic organization of the biosphere and noosphere. Novosibirsk: Sib. enterprise RAS "Nauka", 1999. - 496 p.

УДК 631.4

DOI 10.37738/VNIIGIM.2020.94.67.028

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭРОЗИОННОСТИ ПОЧВЫ ОТ ЕЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

¹Чучкалов С.И., ^{1,2}Алексеев В.В.

¹Чувашский государственный университет, г. Чебоксары, Россия;

²Чебоксарский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации, г. Чебоксары, Россия

Аннотация. Гидрофизические характеристики почвы во многом определяют степень и характер водной эрозии. В статье проведен анализ взаимосвязи почвенных гидрофизических характеристик и удельной мощности водной струи, достаточной для разрушения почвенных структур и их удаления с места естественного залегания. Получен комплекс, определяющий удельную мощность струйного воздействия в зависимости от потенциала почвенной влаги, влагопроводности и плотности почвы. Численные оценки на основе полученного комплекса, проведенные для темно-серых лесных почв средней полосы России, согласуются с экспериментальными данными в широком диапазоне значений влажности почвы.

Ключевые слова: эрозия почвы, гидрофизические характеристики, потенциал почвенной влаги, влагопроводность

STUDY OF SOIL EROSION DEPENDENCE ON THERE HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS

¹Chuchkalov S. I., ^{1,2}Alekseev V. V.

¹Chuvash state University, Cheboksary, Russia;

²Cheboksary cooperative Institute (branch) Russian University of cooperation, Cheboksary, Russia

Abstract. *The hydrophysical characteristics of the soil to a large extent predetermine the degree and character of water erosion. In the article it was analyzed the relationship between soil hydrophysical characteristics and the specific power of the water jet, sufficient to destroy soil structures and remove them from the place of natural occurrence. A complex was obtained that determines the specific power of the jet action depending on the potential of soil moisture, moisture conductivity and soil density. The numerical estimates carried out on the base of the obtained complex for dark gray forest soils in the middle strip of Russia are in agreement with experimental data in a wide range of soil moisture values.*

Keywords: *soil erosion, hydrophysical characteristics, soil moisture potential, moisture conductivity*

Адекватная оценка эрозии почвы необходима для прогнозирования возможной деградации почвы и разработки мер по предотвращению эрозии. Восприимчивость почвы к водной эрозии зависит от сочетания физико-химических и гидрофизических свойств, которые определяют гидрологические показатели почвы и включают такие параметры, как химический и механический состав, физико-химические свойства, биогенность, содержание гумуса и его качественный состав, содержание карбонатов, агрегатный состав, катионы поглощающего комплекса.

Наиболее важными гидрологическими показателями почвы являются основная гидрофизическая характеристика (ОГХ) и гидравлическая проводимость почвы, первый из которых является соотношением между капиллярно-сорбционным давлением почвенной влаги и влажностью, а второй характеризует скорость и направление движения почвенной влаги [1]. Несмотря на наличие ряда методов, позволяющих экспериментально определить различные части кривой ОГХ, не существует общепринятых стандартизированных методов для экспериментального получения ОГХ во всем диапазоне влажности почвы [2]. Оценка ОГХ проводится преимущественно с помощью педотрансферных функций, разработанных на основе физических моделей [3,4]. Проницаемость почвы в основном определяется механическим составом легких почв (песок, супеси), структурой тяжелых почв (суглинок, глина), а также плотностью и влажностью верхнего горизонта почвы. В [5] экспериментально обоснована возможность оценки эрозионности почвы на основе измерения ее насыщенной гидравлической проводимости. Ряд исследований [6,7] посвящен прогнозу насыщенной гидравлической проводимости почвы по параметрическим почвенным свойствам, таким как объемная плотность и распределение частиц почвы по размеру. От гидравлической проводимости почвы в значительной степени зависит интенсивность как поверхностной эрозии (вымывание почвы), так и внутренней эрозии (оползневые процессы) [8].

В [9] в качестве характеристики эрозионной стойкости почвы предложен потенциал эрозионной стойкости и экспериментально выявлен экспоненциаль-

ный характер зависимости потенциала эрозионной стойкости от объемной влажности для светло-серых и темно-серых лесных почв центрального региона России. Принимая во внимание энергетический смысл ОГХ и значительную роль капиллярного компонента в энергии связи частиц почвы в определенном диапазоне влажности почвы, представляется перспективным проведение оценок гидрофизических показателей по эрозионности почвы и, наоборот, эрозионности почвы по гидрофизическим показателям. Целью данного исследования является выявление взаимосвязи потенциала эрозионной стойкости и гидрофизических показателей почвы.

В данном исследовании в качестве физически обоснованной величины, характеризующей эрозионную стойкость почв, был использован потенциал эрозионной стойкости ψ (Дж/кг \equiv м²/с²), представляющий собой энергию водной струи, необходимую для разрушения и удаления единицы массы почвы с места ее естественного залегания [9]:

$$\psi = \frac{\Delta E}{m_{\text{п}}}, \quad (1)$$

где: ΔE – энергия, затраченная на разрушение и удаление образца почвы массой $m_{\text{п}}$.

Струйное устройство и способ измерения потенциала эрозионной стойкости в полевых условиях подробно описаны в работе [9]. С учетом того, что разрушаемость почвенных структур зависит не только от энергии воздействия, но и от его длительности Δt , представляется более обоснованным использование удельной мощности P (Дж/(кг·с) \equiv м²/с³) воздействия, то есть отношение потенциала эрозионной стойкости ко времени воздействия струи воды на почву:

$$P = \frac{\psi}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{m_{\text{п}} \cdot \Delta t}. \quad (2)$$

Феноменологический подход при рассмотрении процесса эрозии предполагает, что удельная мощность определяется потенциалом ψ (Дж/кг \equiv м²/с²), влагопроводностью K (м³·с/кг) и плотностью почвы $\rho_{\text{п}}$ (кг/м³), каждое из которых зависит от гранулометрического и минералогического состава, пористости и других характеристик почвы. Предполагая, что искомая зависимость имеет степенной вид, получаем с точностью до безразмерного множителя k

$$P = k \psi^{\alpha} K^{\beta} \rho_{\text{п}}^{\gamma}. \quad (3)$$

Для определения показателей степени α , β и γ использовался метод анализа размерностей. Приравнивая показатели степени по размерности длины, времени и массы соответственно в левой и правой частях соотношения (3), получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 2 = 2\alpha + 3\beta - 3\gamma, \\ -3 = -2\alpha + \beta, \\ 0 = -\beta + \gamma. \end{cases} \quad (4)$$

Решение системы уравнений (4) относительно α , β и γ приводит к $\alpha=1$ и $\beta = \gamma = -1$, и зависимость (3) принимает вид:

$$P = k \frac{\Psi}{K\rho_{\Pi}}. \quad (5)$$

Суммарный потенциал ψ почвенной влаги включает в себя потенциал ψ' , обусловленный взаимодействием влаги с твердой фазой почвы, и потенциал ψ'' , обусловленный взаимодействием влаги с почвенным воздухом. Когда объемная влажность почвы w превышает 0,1, потенциал ψ'' вносит основной вклад в величину суммарного потенциала ψ почвенной влаги. Зависимость потенциала почвенной влаги ψ от объемной влажности почвы w в [10] представлена в виде:

$$\psi = \psi' + \psi'' = \frac{A\Omega_0^3}{\rho_{\text{в}}} \cdot \left(\frac{1}{w^3} - \frac{1}{\Pi_0^3} \right) + \frac{\Omega_0\sigma_{\text{вв}}}{\rho_{\text{в}}} \cdot \left(1 - \frac{w}{1 - \Pi_0 + w} \right) \cdot \left(1 - \frac{w}{\Pi_0} \right)^{2,5} \quad (6)$$

где: Ω_0 – объемная удельная поверхность, ($\text{м}^2/\text{м}^3$), w – объемная влажность, ($\text{м}^3/\text{м}^3$), $\sigma_{\text{вв}}$ – удельная свободная поверхностная энергия на границе вода/воздух ($\text{Дж}/\text{м}^2$), $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды ($\text{кг}/\text{м}^3$), A – размерная константа (Дж); Π_0 – пористость сухого почвенного образца ($\text{м}^3/\text{м}^3$).

Оценка энергии взаимодействия влаги с почвенным воздухом проводилась путем интегрирования выражения (6) в диапазоне значений влажности от фиксированного значения w до значения $w = \Pi_0$, соответствующего полному заполнению почвенных пор влагой (пористость можно рассматривать как максимальное содержание воды в почве):

$$\int_w^{\Pi_0} \psi(w) dw. \quad (7)$$

В свою очередь зависимость гидравлической проводимости (влагопроводности) от объемной влажности почвы w представлена в виде [10]:

$$K = \frac{\pi^2}{\Omega_0\eta S^2} \cdot \frac{\lambda\Pi_0^{2,5}}{1 - \Pi_0} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{w}{\Pi_0} \right)^2 \right], \quad (8)$$

где: η – вязкость воды, (Па·с); S – площадь поперечного сечения почвенного образца (m^2), через который осуществляется перемещение влаги; λ – безразмерный коэффициент.

Численные оценки влагопроводности и энергии взаимодействия влаги с почвенным воздухом проводились с использованием соотношений (6-8) для различных значений объемной влажности почвы. Расчеты проводились для почв различных типов (дерново-подзолистые, темно-серые лесные, светло-серые лесные и черноземные) с учетом значений их пористости и удельной поверхности в сухом состоянии. Полученные расчетные значения комплекса, представленного в правой части выражения (5), приведены на рисунке 1. Расположение кривых на рисунке 1 адекватно отражает степень эрозии почвы в зависимости от типа почвы. Высокий уровень влагоудерживающей способности почвы связан с низким уровнем влагопроводности и, наоборот, чем лучше влагопроводность, тем хуже влагоудерживающие свойства почвы. Черноземы обладают самой высокой эрозионной стойкостью. Почвы различных типов формируют следующую последовательность в порядке убывания их устойчивости к эрозии: черноземы → темно-серые лесные почвы → светло-серые лесные почвы → дерново-подзолистые почвы, что согласуется с имеющимися в литературе данными.

С увеличением влажности значение комплекса уменьшается; это также относится и к эрозионной стойкости почвы.

Для темно-серых лесных почв дубрав Чувашской Республики (Россия) были проведены измерения потенциала эрозионной стойкости при различных значениях объемной влажности почвы по методике, описанной в [9]. Объемную влажность определяли общепринятыми методами (в частности, гравиметрическим методом). Получена следующая степенная зависимость потенциала эрозионной стойкости от объемного содержания воды в почве (рис. 2):

$$\psi = 0,06w^{-3}. \quad (9)$$

Полученная зависимость показывает, что по мере увлажнения почвы величина потенциала эрозионной стойкости стремится к определенному пределу. Зависимость удельной мощности от объемной влажности имеет такой же характер.

Результаты измерений потенциала эрозионной стойкости и удельной мощности при различных значениях объемной влажности согласуются с результатами расчета комплекса для темно-серых лесных почв, что подтверждает справедливость соотношения (5). Предельное значение, к которому стремится потенциал эрозионной стойкости при увеличении объемной влажности, соответствует остаточной кинетической энергии потока вымываемой почвы.

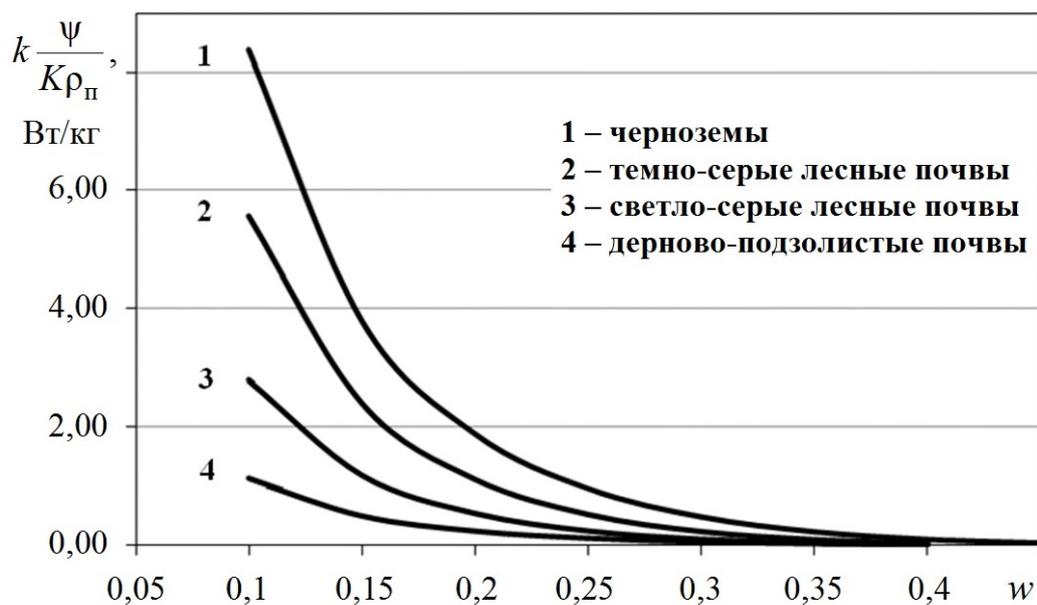


Рисунок 1 - Зависимость комплекса $k \frac{\Psi}{K\rho_w}$ от объемной влажности для разных типов почв

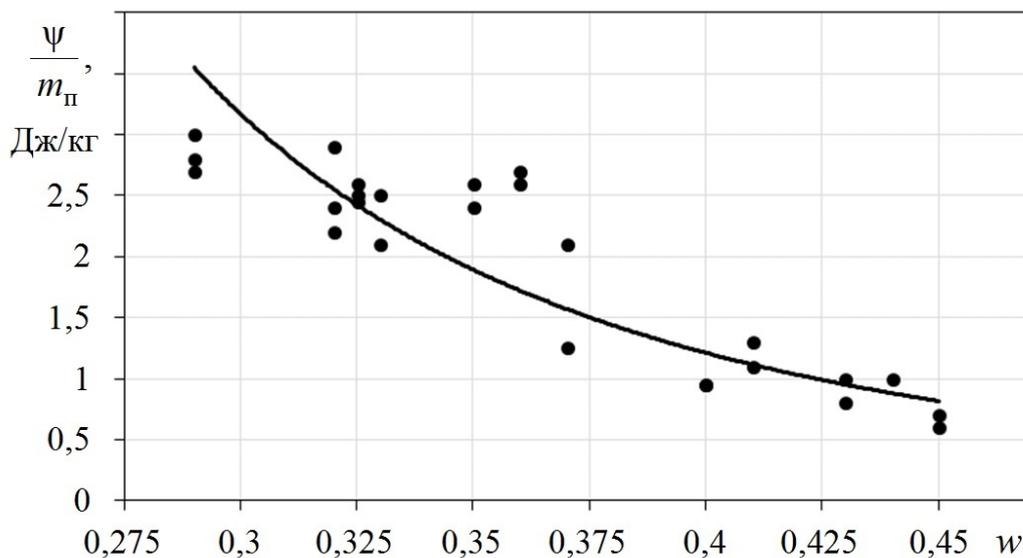


Рисунок 2 - Зависимость потенциала эрозионной стойкости от влажности почвы (темно-серая лесная почва)

Моделирование эрозионных процессов на основе предложенного соотношения позволяет описать эрозионные свойства почвы в зависимости от ее исходной влажности, а также получить численную информацию о гидрологических характеристиках почвы с использованием измеренных значений ее эродируемости в любой момент вегетационного периода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Rajkai K., Kabos S., van Genuchten M.T. Estimating the water retention curve from soil properties: comparison of linear, nonlinear and concomitant variable methods / K. Rajkai // *Soil and Tillage Research*. – 2004. – Vol. 79, Issue 2. – P. 145-152.
2. Умарова А.Б., Шеин Е.В., Кухарук Н.С. Основная гидрофизическая характеристика агросерых почв: влияние анизотропии и масштабного фактора / А.Б. Умарова // *Почвоведение*. – 2014. – № 12. – С. 1460-1466.
3. Too V., Omuto C., Biamah E., Obiero J. Review of soil water retention characteristic (SWRC) models between saturation and oven dryness / V. Too // *Open Journal of Modern Hydrology*. – 2014. – № 4. – P. 173-182.
4. Ebrahim-Zadeh G., Bayat H., Safari Sinangani A.A., Zare Abyaneh H., Vereecken H. Investigating the correlation between soil tensile strength curve and soil water retention curve via modeling / G. Ebrahim-Zadeh // *Soil and Tillage Research*. – 2017. – Vol. 167. – P. 9-29.
5. Jadczyzyn J., Niedźwiecki J. Relation of saturated hydraulic conductivity to soil losses / J. Jadczyzyn // *Polish Journal of Environmental Studies*. – 2005. – Vol. 14, No. 4. – P. 431-435.
6. Salarashayeri A.F., Siosemarde M. Prediction of soil hydraulic conductivity from particle-size distribution / A.F. Salarashayeri // *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*. – 2012. – Vol. 6, No. 1. – P. 16-20.
7. Karahan G., Erşahin S. Predicting saturated hydraulic conductivity using soil morphological properties / G. Karahan // *Eurasian Journal of Soil Science*. – 2016. – Vol. 5, Issue 1. – P. 30-38.
8. Ismail F., Mohamed Z., Mukri M. A study on the mechanism of internal erosion resistance to soil slope instability / F. Ismail // *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. – 2008. – Vol. 13, Issue A. – P. 1-12.
9. Maksimov I., Alekseev V., Chuchkalov S. Erosion resistance potential as a soil erodibility characteristic based on energy approach / I. Maksimov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – Vol. 226. – 012067.
10. Алексеев В.В., Максимов И.И. Аэродинамический метод получения основной гидрофизической характеристики / В.В. Алексеев // *Почвоведение*. – 2013. – № 7. – С. 822 -828.

References

1. Rajkai K., Kabos S., van Genuchten M. T. Estimating the water retention curve from soil properties: comparison of linear, non-linear and concomitant variable methods / K. Rajkai // *Soil and Tillage Research*. - 2004. - Vol. 79, Issue 2. - P. 145-152.
2. Umarova A. B., Shein E. V., Kuharuk N. S. Basic hydrophysical characteristics of agro-gray soils: influence of anisotropy and scale factor / A. B. Umarova // *Soil science*, 2014, N 12, Pp. 1460-1466.
3. Too V., Omuto C., Biamah E., Obiero J. Review of soil water retention characteristic (SWRC) models between saturation and oven dryness / V. Too // *Open Journal of Modern Hydrology*. – 2014. – № 4. – P. 173-182.
4. Ebrahim-Zadeh G., Bayat H., Safari Sinangani A.A., Zare Abyaneh H., Vereecken H. Investigating the correlation between soil tensile strength curve and soil water retention curve via modeling / G. Ebrahim-Zadeh // *Soil and Tillage Research*. – 2017. – Vol. 167. – P. 9-29.
5. Jadczyzyn J., Niedźwiecki J. Relation of saturated hydraulic conductivity to soil losses / J. Jadczyzyn // *Polish Journal of Environmental Studies*. – 2005. – Vol. 14, N 4. – P. 431-435.
6. Salarashayeri A.F., Siosemarde M. Prediction of soil hydraulic conductivity from particle-size distribution / A.F. Salarashayeri // *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*. – 2012. – Vol. 6, N 1. – P. 16-20.
7. Karahan G., Erşahin S. Predicting saturated hydraulic conductivity using soil morphological properties / G. Karahan // *Eurasian Journal of Soil Science*. – 2016. – Vol. 5, Issue 1. – P. 30-38.

8. Ismail F., Mohamed Z., Mukri M. A study on the mechanism of internal erosion resistance to soil slope instability / F. Ismail // Electronic Journal of Geotechnical Engineering. – 2008. – Vol. 13, Issue A. – P. 1-12.
9. Maksimov I., Alekseev V., Chuchkalov S. Erosion resistance potential as a soil erodibility characteristic based on energy approach / I. Maksimov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 226. – 012067.
10. Alekseev V. V., Maksimov I. I. Aerodynamic method for obtaining the main hydrophysical characteristics / V. V. Alekseev // Soil Science, 2013, N 7, Pp. 822-828.

УДК 631.6

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.64.98.029

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ ПОВОЛЖСКОГО РЕГИОНА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Шадских В.А., Кижяева В.Е., Рассказова О.Л.

ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации», г. Энгельс, Россия

***Аннотация.** В сухостепной зоне Поволжья, отличающейся экстремально засушливым климатом, стабильность производства сельскохозяйственных культур напрямую зависит от уровня развития мелиорации. В связи с этим первоочередной задачей является проведение комплекса эффективных природоохранных мероприятий, учитывающих данные мониторинга орошаемых земель с применением современных технологий и методов, предотвращающих развитие негативных природных процессов и обеспечивающих сохранение земельных и водных ресурсов. В статье приведена динамика состояния поливного потенциала в Поволжье, дано обоснование рациональных площадей орошаемых земель в соответствии с требованиями научной системы ведения сельского хозяйства, а также рассмотрено состояние основных элементов мелиоративных фондов, находящихся в собственности сельхозтоваропроизводителей. Установлено, что за последние годы произошло не только общее сокращение площадей поливных земель, но и резко ухудшилось состояние мелиоративных фондов, особенно на внутрихозяйственной оросительной сети. Рассмотрены возможности реконструкции и восстановления мелиоративного комплекса, и связанные с этим вопросы финансирования и ценовой политики. Отмечена необходимость широкого использования механизмов государственного субсидирования реконструкции и восстановлению участков орошения.*

***Ключевые слова:** мелиорация, орошение, почва, инновации, реконструкция, субсидии*

MAIN PROBLEMS OF LAND RECLAMATION DEVELOPMENT IN THE VOLGA REGION AND WAYS TO SOLVE THEM

Shadskikh V. A., Kizhaeva V. E., Rasskazova O. L.

Volga research Institute of hydraulic engineering and reclamation, Engels, Russia

***Abstract.** In the dry-steppe zone of the Volga region, characterized by an extremely arid climate, the stability of crop production depends directly on the level of development of reclamation. In this regard, the priority is to carry out a set of effective environmental measures that take into account data from the monitoring of irrigated land using modern technologies and methods that prevent the development of negative natural processes and ensure the conservation of land and water resources. The article describes the dynamics of the state of irrigation potential in the Volga region, the justification of rational areas of irrigated land in accordance with the requirements of the scientific system of agriculture, as well as the state of the main elements of reclamation funds*

owned by agricultural producers. It has been established that in recent years there has been not only a general decline in the area of watering land, but also a sharp deterioration in the condition of reclamation funds, especially on the internal irrigation network. The possibilities of reconstruction and rehabilitation of the reclamation complex, and related issues of financing and price policy are considered. The necessity of wide use of mechanisms of state subsidization of reconstruction and rehabilitation of irrigation sites was noted.

Keywords: *reclamation, irrigation, soil, innovation, reconstruction, subsidies*

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве Поволжья наблюдается рост заинтересованности сельскохозяйственных товаропроизводителей в восстановлении и развитии оросительной мелиорации. Однако следует признать, что находящаяся в эксплуатации площадь орошаемых земель не может оказывать в настоящее время решающего влияния на нейтрализацию последствий неблагоприятных погодных условий при наращивании объемов производства сельскохозяйственной продукции.

Существующие в настоящее время темпы и объемы восстановления ресурсного потенциала мелиорации не соответствуют современным требованиям и нуждаются в модернизации [2, 3].

В этой связи Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель России на период до 2020 года» предполагает более энергичное участие государства в восстановлении мелиоративного потенциала на современном техническом и технологическом уровнях и предлагает комплекс экономических и организационных мер, в решении которых обязательно должны учитываться зональные особенности производства сельскохозяйственной продукции [1].

Восстановление мелиорации тем более важно, что орошение земель зачастую тесно переплетается с обводнением территорий и улучшением условий жизни на селе. В этой связи современная экономическая ситуация настоятельно требует более взвешенной оценки возможностей применения оросительных технологий.

Необходимо определить основные направления дальнейшего развития орошаемого земледелия в одной из засушливых зон России - Поволжье.

По сравнению с 1990 г. орошаемое поле Поволжья сократилось с 1,7 до 1,1 млн. га, или на 34,3%, из которых поливается не более 50-60 %. В последние годы прироста орошаемых площадей и существенного обновления мелиоративных фондов в регионах с наиболее развитым орошением, не наблюдается (табл. 1).

Износ оросительных систем, в среднем по зоне, превысил 70%, большая часть дождевальной техники и оборудования устарели физически и морально.

По нашему мнению, поливной потенциал Поволжья необходимо восстанавливать примерно до уровня 1990 года. По регионам зоны площадь орошаемой пашни может значительно изменяться в соответствии с программами развития агропромышленных комплексов.

Таблица 1 – Динамика состояния мелиорации в Поволжье

Наименование	Поволжье, всего	В том числе:		
		Волгоградская область	Самарская область	Саратовская область
Ирригационный фонд, тыс. га	6603,0	2000,0	783,0	2810,0
1990 год				
Наличие орошаемых с.-х. угодий, тыс. га	1690,0	352,6	189,0	453,5
Введено орошаемых земель, тыс. га	27,6	9,1	3,3	14,0
Комплексная реконструкция, тыс. га	40,7	15,1	2,2	10,6
Земли с неудовлетворительным ме- лиоративным состоянием, тыс. га	226,6	52,8	14,7	64,9
2000 год				
Наличие орошаемых с.-х. угодий, тыс. га	1154,0	256,0	147,0	257,3
Введено орошаемых земель, тыс. га	0,77	0,01	0,03	-
Комплексная реконструкция, тыс. га	22,89	6,98	0,75	6,52
2010 год				
Наличие орошаемых с.-х. угодий, тыс. га	1103,2	185,8	141,6	257,3
Введено орошаемых земель, тыс. га	-	-	-	-
Комплексная реконструкция, тыс. га	8,6	6,0	0,5	1,5
Земли с неудовлетворительным ме- лиоративным состоянием, тыс. га	256,2	30,0	4,1	25,3
2019 год				
Наличие орошаемых с.-х. угодий, тыс. га	1101,8	182,3	140,7	257,3
Введено орошаемых земель, тыс. га	-	-	-	-
Комплексная реконструкция, тыс. га	9,9	6,4	0,8	1,7
Земли с неудовлетворительным ме- лиоративным состоянием, тыс. га	258,2	30,0	4,3	25,8

На примере Саратовской области рассчитана площадь орошаемых земель необходимых для стабильного развития сельского хозяйства. Орошаемые земли области составляют 23% от общей площади орошаемых земель Поволжья и, в основном, сосредоточены в заволжских районах с годовым количеством осадков 250-350 мм.

Для обоснования рациональных площадей орошаемых земель Саратовской области принята площадь кормовых культур, доведенная в соответствии с требованиями научно обоснованной системы ведения сельского хозяйства до 65,6% (табл. 2).

Расчеты показали, что для обеспечения потребностей населения области в продовольствии и животноводства в кормах необходимо использовать для орошения, в соответствии с рациональной структурой посевов, как минимум 221,6 тыс. га пашни.

Следует отметить, что высокий удельный вес кормовых культур в структуре посевов на поливных землях обусловлен не только потребностью животно-

водства в соответствующих видах кормов, но и достаточно высокой эффективностью их производства (особенно многолетних трав).

Таблица 2 – Рациональные площади орошаемых земель и их структура для условий Саратовской области

Культуры и группы культур	Площадь, тыс. га	Структура посевов, %	
		рекомендуемая	фактическая
Зерновые и зернобобовые, всего	47,2	21,3	31,1
Овощи и картофель	29,0	13,1	12,3
Кормовые культуры, всего	145,4	65,6	47,0
в т. ч. многолетние травы	70,0	31,6	18,6
Прочие	-	-	9,6
Итого:	221,6	100,0	100,0

Непременным условием совершенствования системы ведения сельского хозяйства в орошении является улучшение размещения сельскохозяйственного производства по различным территориальным единицам (регионам, районам, зонам, сельским территориям), а также повышение его уровня специализации и концентрации.

Совершенствование структуры посевных площадей на орошаемых землях позволит повысить удельный вес орошаемых земель в общей площади пашни по отдельным типам хозяйств в лесостепной зоне области до 8%, черноземной степи - до 28%, сухой степи - до 18%, полупустынной степи до 18%; увеличить плотность поголовья крупного рогатого скота на 100 га общей пашни - на 25-50%, нарастить объем производства продукции животноводства на 20-35%.

Анализ современного состояния использования орошаемых земель Поволжья дает основание считать, что основные негативные тенденции не преодолены, возрастает необходимость в проведении работ по реконструкции и восстановлению, росту мелиоративного потенциала [6,7]. В настоящее время строительство новых орошаемых участков в Поволжье практически прекратилось, а работы по реконструкции существующих оросительных систем выполняются в объемах 5-10% от потребности. Например, площадь орошаемых земель Поволжья, подлежащая реконструкции с целью восстановления мелиоративно освоенных площадей, улучшения технико-эксплуатационных показателей, дооснащения оросительных систем совершенной поливной техникой, составляет более 400 тыс. га. В расчете на 10-летний период объемы восстановительных работ должны составлять не менее 40 тыс. га в год. Необходимо вести ремонтно-восстановительные работы на головных и подкачивающих насосных станциях, магистральных и межведомственных каналах, трубопроводах, находящихся в федеральной собственности, восстанавливать внутрихозяйственную оросительную сеть. Затраты на развитие мелиорации по разным оценкам составляют 220 - 350 тыс. га в расчете на 1 га.

Содержание основной части мелиоративного комплекса Саратовской области, находящейся в федеральной собственности, финансируется государством и находится в достаточно удовлетворительном состоянии. В то же время внутрихозяйственная сеть, имеющаяся в собственности сельхозтоваропроизводителей,

в основном, не отвечает эксплуатационным требованиям из-за недостаточного финансирования мероприятий по ее реконструкции и восстановлению.

Следует отметить, что за последние годы произошло не только общее сокращение площадей поливных земель, но и резко ухудшилось состояние мелиоративных фондов, особенно на внутрихозяйственной оросительной сети (табл. 3).

Таблица 3 - Динамика состояния основных элементов мелиоративных фондов, находящихся в собственности сельхозтоваропроизводителей Саратовской области

Показатели	Годы				Отношение 2019 г. к 1990 г., %
	1990	2000	2010	2019	
Постоянная внутрихозяйственная оросительная сеть - всего, км	6179	5253	4317	3824	62
в том числе: открытая	1096	501	1320	1206	110
закрытая	5083	4752	2692	2616	51
Сооружения на внутрихозяйственной сети, шт.	2083	841	787	774	37
Наличие дождевальной техники - всего, шт.	8345	3163	2636	1773	21

По результатам инвентаризации мелиоративных систем, гидротехнических сооружений, мелиорированных земель Саратовской области, проведенной в последние годы, установлено, что оросительные системы морально и физически устарели, степень изношенности в среднем превышает 70%. Нуждается в восстановлении и значительная часть внутрихозяйственной оросительной сети (табл. 4).

Таблица 4 - Потребность в реконструкции и восстановлении мелиоративных фондов внутрихозяйственной сети сельхозпредприятий

Элементы мелиоративных фондов внутрихозяйственной сети	Требуют реконструкции и восстановления	
	количество	%
Постоянная оросительная сеть, км	2151,2	56,3
в том числе: открытая / закрытая	346,0 / 1823,0	28,7 / 69,7
Сооружения на внутрихозяйственной сети, шт.	334	43,2
Дождевальные машины, шт.	1427	80,5
Орошаемые земли, тыс. га	221,6	100,0
в т.ч.: реконструкция / восстановление	160,0 / 61,6	72,2 / 27,8

Фактическое состояние мелиоративных фондов позволяет заключить, что на 160 тыс. га эксплуатируемых в настоящее время орошаемых земель достаточно провести работы по реконструкции внутрихозяйственной сети (частичная замена поливных и распределительных трубопроводов, ремонт дождевальных машин и насосно-силового оборудования). На площади 61,6 тыс. га не поливаемых, но числящихся в эксплуатации земель необходимо провести восстанови-

тельные работы (полное восстановление трубопроводов, приобретение дождевальной техники и насосного оборудования, строительство водовыпусков на каналах).

Для проведения этих работ программными документами были установлены требуемые капитальные вложения и заложены условия, при которых ежегодно в течение ближайших 10 лет необходимо реконструировать внутрихозяйственную сеть на 15-18 тыс. га и восстанавливать ее вновь на площади 6-10 тыс. га, что значительно выше существующих в последние годы темпов реконструкции и восстановления орошаемых земель.

Орошаемое земледелие нуждается в средствах для поддержания плодородия земли. Кроме того оно подвержено сезонности производства. Здесь в большей степени ощущается влияние диспаритета цен. За последние годы в Поволжье затраты на орошаемый гектар увеличились почти в три раза. Все это снижает привлекательность сельскохозяйственного бизнеса. Поэтому аграрный сектор, как никакой другой, нуждается в государственной поддержке [8,9].

Инвестиционные затраты сельхозтоваропроизводителей на ремонт и восстановление находящейся в их собственности внутрихозяйственной сети в технически исправном состоянии велики. Решением этой проблемы является оказание государственной поддержки путем компенсации из областных бюджетов до 50% затрат сельхозтоваропроизводителям на восстановление внутрихозяйственной сети [10].

Заключение

Восстановление в Поволжье орошаемого земледелия в наиболее полном объеме и его дальнейшее развитие является неизбежной необходимостью. Мелиорация решает не только вопросы продовольственной безопасности, но и качества жизни на селе. Неблагоприятные климатические условия засушливого Поволжья, острая необходимость в повышении эффективности сельскохозяйственного производства и его стабилизации, наличие ирригационного фонда и высокая экономическая выгода возделывания большинства сельскохозяйственных культур предопределяет дальнейшее развитие оросительной мелиорации в зоне. Мелиоративный комплекс остро нуждается в восстановлении и расширении площадей орошаемых земель, повышения их продуктивности. Для этих целей необходимо реализовать комплекс мер способных поднять его на качественно новый уровень.

Восстановление или расширение площадей орошения должно быть увязано с потребностями хозяйств, регионов в обеспечении сбалансированной кормовой базы, а население в обеспечении продовольствием. Необходимо также учитывать возможности обводнения территорий, гарантированного водоснабжения сельского населения засушливых районов Заволжья.

Реконструкция и восстановление мелиоративного комплекса должны происходить за счет средств бюджетов субъектов Российской Федерации и внебюджетных источников. Затраты сельхозтоваропроизводителей на ремонт и восстановление находящейся в их собственности внутрихозяйственной сети и дождевальной техники велики, поэтому необходимо шире использовать механизмы государственного субсидирования при ее реконструкции и восстановле-

нии. Одновременно следует активизировать политику инвестиционной привлекательности хозяйств с развитым орошением, где есть все возможности расширять поголовье скота, развивать производство сельскохозяйственной продукции.

Список использованных источников

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 14.07.2012 № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы».
2. Шадских, В.А. Концептуальные аспекты развития мелиоративного комплекса в Саратовской области / В.А. Шадских, В.Е. Кижаяева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 9-11.
3. Пронько, Н. А. Приемы восстановления почв при орошении / Н. А. Пронько, Л.Г. Романова // Плодородие. – № 4. – 2005. – С. 31-32.
4. Шадских, В.А. / Ресурсосбережение в орошаемой земледелии Поволжья // В.А. Шадских, В.Е. Кижаяева, О.Л. Рассказова // Вестник мелиоративной науки. – 2018. – № 1. – С.66-74.
5. Корсак, В. В. Применение ГИС-анализа для оценки природных условий поливного земледелия / В. В. Корсак, Н. А. Пронько, Н. Н. Насыров // Научная жизнь. – 2014. – № 2. – С. 18-24.
6. Пронько, Н. А. Изменение гидрофизических функций при техногенной трансформации орошаемых темно-каштановых почв Саратовского Заволжья / Н.А. Пронько, Л.Г. Романова, А.С. Фалькович // Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова. – № 9. – 2009. – С. 29-35.
7. Шадских, В.А. Режим влажности почвы в севообороте сухостепной зоны Поволжья / В.А. Шадских, В.Е. Кижаяева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 5. – С. 21-24.
8. Шадских, В.А. Влияние орошения и способов обработки темно-каштановых почв на их агрофизические свойства и плодородие / В.А. Шадских, В.Е. Кижаяева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 2. – С. 31-32.
9. Шадских, В.А. Почвозащитные особенности основной обработки почвы в звене орошаемого севооборота / В.А. Шадских, В.Е. Кижаяева, О.Л. Рассказова, Т.А. Панченко // Научная жизнь. – 2018. – № 6. – С. 77-84.
10. Шадских, В.А. Основные принципы оптимизации экологической ситуации орошаемых агроландшафтов степной и сухостепной зон Поволжья / В.А. Шадских, Л.Г. Романова, В.Е. Кижаяева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 6. – С. 17-20.

References

1. Resolution of the Government of the Russian Federation of 14.07.2012 No. 717 "On the State program for the development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food for 2013 - 2020".
2. Shadskikh, V. A. Conceptual aspects of the development of the meliorative complex in the Saratov region / V. A. Shadskikh, V. E. Kizhaeva // Melioration and water management. - 2011. - no. 1. - Pp. 9-11.
3. Pronko, N. A. Methods of soil restoration during irrigation / N. A. Pronko, L. G. Romanova // Fertility. - No. 4. - 2005. - P. 31-32.
4. Shadskikh, V. A. / resource Conservation in irrigated agriculture of the Volga region // V. A. Shadskikh, V. E. Kizhaeva, O. L. Rasskazova // Bulletin of meliorative science, 2018, no. 1, Pp. 66-74.
5. Korsak, V. V. Application of GIS analysis to assess the natural conditions of irrigation land / V. V. Korsak, N. A. Pronko, N. N. Nasyrov // Scientific life. - 2014. - № 2. - P. 18-24.
6. Pronko, N. A. Change of hydrophysical functions in technogenic transformation of irrigated dark chestnut soils of the Saratov Zavolzhye / N. A. Pronko, L. G. Roma-Nova, A. S. Falkovich // Bulletin of the SSAU named after N. I. Vavilov. - No. 9. - 2009. - P. 29-35.

7. Shadskikh, V. A. The regime of soil moisture in the crop rotation of the dry-steppe zone of the Volga region / V. A. Shadskikh, V. E. Kizhaeva // Melioration and water management. - 2018. - № 5. - Pp. 21-24.
8. Shadskikh, V. A. Effect of irrigation and methods of treatment of dark chestnut soils on their agrophysical properties and performance / V. A. Shadskikh, V. E. Chigaeva // Melioration and water economy. – 2007. – No. 2. – S. 31-32.
9. Shadskikh, V. A. Soil characteristics main soil tillage on the level arose-direct crop rotation / V. A. Shadskikh, V. E. Kiyayeva, O. L. Rasskazov, T. A. Panchenko // Scientific life. - 2018. - № 6. - Pp. 77-84.
10. Shadskikh, V. A. Basic principles of optimization of the ecological situation of irrigated agricultural landscapes of the steppe and dry-steppe zones of the Volga region / V. A. Shadskikh, L. G. Romanova, V. E. Kizhaeva // Melioration and water management. - 2017. - № 6. - Pp. 17-20.

УДК 631.6.004.14

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.42.22.030

ЦЕЛИ, ПУТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ДАЛЬНЕЙШЕГО ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРАЦИИ В РОССИИ

Щедрин В.Н.

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», г. Новочеркасск, Российская Федерация

***Аннотация.** Состояние мелиорации в России и за рубежом. Цели и пути восстановления мелиорированных земель в России. Обоснование площадей мелиорированных земель для обеспечения устойчивого развития АПК. Оросительные системы нового поколения. Информационные системы «Цифровая мелиорация». Предложения по созданию двух пилотных мелиоративных объекта и полигона по испытанию мелиоративной техники и для обучения студентов и аспирантов.*

***Ключевые слова:** мелиорация земель, орошение, осушение земель, цифровая мелиорация, информационные системы в мелиорации*

GOALS, WAYS OF RESTORATION AND FURTHER EFFECTIVE USE OF LAND RECLAMATION IN RUSSIA

Shchedrin V. N.

Federal State Budget Scientific Establishment “Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems”, Novocherkassk, Russian Federation

***Abstract.** State of land reclamation in Russia and abroad. Goals and ways to restore reclaimed land in Russia. Justification of the areas of reclaimed land to ensure sustainable development of the agro-industrial complex. New generation irrigation systems. Information systems “Digital reclamation”. Proposals for the creation of two pilot reclamation facilities and a landfill for testing reclamation equipment and for training students and postgraduates.*

***Keywords:** land reclamation, irrigation, land drainage, digital reclamation, information systems in land reclamation.*

Мировой опыт показывает, что увеличение производства сельскохозяйственной продукции до уровня продовольственной безопасности и устойчивое

развитие агропромышленного комплекса (АПК) любой страны во многом зависит от наличия и эффективного использования мелиорированных земель.

Этим можно объяснить постоянный рост, например, площади орошаемых земель в мире с 8,1 млн га в 1950 г. до 105 млн га в 1950-х годах и до 331,8 млн га в 2016 г. [1]. Наибольшие площади орошаемых земель имеются в странах с большой численностью населения, например в Индии – 54,8 млн га и в Китае – 54,4 млн га.

Наряду с более высокой природной потенциальной биопродуктивностью земель [3], Западная Европа имеет большие площади мелиорированных земель и этим объясняется в большой степени устойчивое развитие сельскохозяйственного производства большинства стран Европы. Например, наличие мелиорированных земель в долях от пашни очень высока в Англии - 80%, в Германии 45%, а в России всего 8,1 % (Таблица 1).

Таблица 1 – Доли мелиорированных земель от пашни в развитых странах мира на конец 2016 года

Наименование государства	Площадь пашни		Наличие мелиорированных земель	
	млн га	%	млн га	% от пашни
Всего в мире	1497,36	100	461,7	30,9
США	179,00	11,9	69,9	39,0
Индия	169,70	11,3	60,6	35,7
Китай	135,55	9,1	47,4	54,9
Франция	19,58	1,3	4,7	24,0
Германия	12,02	0,8	5,4	44,7
Англия	5,92	0,39	4,8	80,3
Россия	115,46	7,7	9,4	8,1

Показательным примером являются сравнительные данные климатических условий и наличие мелиорированных земель в США – 39 % и в России – 8,1 %. Так, в США доля пашни, на которой выпадает осадков менее 400 мм в год, составляет всего 1,1 %, а в России – 40 %; в США пашни с осадками более 700 мм в год – 60 %, в то время как в России только – 11,0 % (таблица 2).

Таблица 2 – Обеспеченность пашни осадками в США и в России, %

Страна	Доля пашни с выпадением осадков менее 400 мм в год	Доля пашни с выпадением осадков более 700 мм в год
США	1,1	60,0
Россия	40,0	11,0

При этом в США площадь мелиорированных земель составляет 69,9 млн га, в т. ч. 22,4 млн га орошаемых, а в России в 2016 г. было всего 8,1 %. Поэтому в США и странах Западной Европы отрасль сельского хозяйства развивается устойчиво и она в меньшей степени подвержена влиянию климатических катаклизмов.

Подобные условия складываются и в Западной Европе. Это объясняет более высокую потенциальную биопродуктивность земель и урожайность сельскохозяйственных культур в США и Западной Европе и подтверждает, что именно мелиорация земель способна обеспечить устойчивое развитие АПК России и продовольственную безопасность страны. Такие густонаселенные страны, как Китай и Индия, обеспечили свое население страны отечественными продуктами питания за счет развития мелиорации земель, при этом часть их экспортируют в Россию.

Необходимость развития мелиорации в России объясняется неблагоприятными климатическими условиями и необходимостью осушения в гумидной зоне, а также орошения – в аридной зоне. Большая часть пашни страны располагается в сухих зонах, где требуется орошение для восполнения дефицита влаги в почве и получения высоких урожаев.

Для достижения устойчивого развития АПК России площади мелиорированных земель должны занимать не менее 25 млн га, в т.ч. не менее 10 млн га орошаемых и 15 млн га осушенных земель. По экспертной оценке, при наличии мелиорированных земель в объеме 30% от доли пашни производство продукции растениеводства на мелиорированных и немелиорированных землях может уравниваться. При эффективном использовании мелиорированных земель может производиться до 50% всей растениеводческой продукции в объеме 220 млн т з. е. и, это может обеспечить устойчивое развитие АПК и независимость от климатических условий года.

О перспективах устойчивого развития АПК России можно судить по данным анализа динамики увеличения урожайности зерновых культур за период с 1990 по 2017 гг., когда на богарных землях урожайность зерновых и зернобобовых выросла с 19 до 30 ц/га, а орошаемого риса – с 30 до 60 ц/га. Среднегодовые темпы прироста производства составили соответственно 0,39 и 0,96 ц/га в год. Большой вклад в увеличение урожайности может внести внедрение системы управления продуктивностью орошаемых агробиоценозов [4,5] и разработка современной мелиоративной техники [6].

В настоящих сложившихся условиях продолжить рост производства растениеводческой продукции без восстановления всего мелиоративного комплекса становится невозможным, так как нарушена вся инфраструктура. Так из 12 научно-исследовательских институтов гидротехники и мелиорации осталось в системе государственных учреждений только шесть. В отраслевых институтах Минсельхоза России отсутствуют опытно-мелиоративные станции и опытно-производственные хозяйства (ОПХ) при том, что в ЮжНИИГиМ (РосНИИПМ) было 4 станции и 6 ОПХ. В 1990 году работало в ЮжНИИГиМ (РосНИИПМ) и его сети более 1000 человек. Это были известные ученые и квалифицированные специалисты, которые действительно могли «двигать» науку вперед, пропагандировать и внедрять новейшие разработки в практику.

В 1990 г. в состав Минводхоза РСФСР входило 34 проектно-изыскательских института; 200 строительного-монтажных трестов и объединений; 1800 строительных организаций (СМУ и ПМК); около 45 тыс. шт. экскаваторов, бульдозеров и скреперов. В мелиоративном комплексе работало более 850 тыс. рабочих,

инженерно-технических работников и ученых. Это была команда, способная решать крупные государственные задачи по развитию мелиорации.

В настоящее время для восстановления мелиоративного комплекса мы также должны создать команду ученых, проектировщиков и строителей, способных на новом уровне с использованием информационной системы «Цифровая мелиорация» планировать, восстанавливать и расширять площади мелиорированных земель на основе разработки и внедрения ресурсосберегающих техники и технологий орошения, например, деривационных оросительных систем, способных создавать давление в закрытой оросительной сети за счет перепада местности. Причем часть давления можно использовать на производство электроэнергии для нужд мелиорации. Таких перспективных земель в России насчитывается более 6 млн га.

Значительно снизилось количество и качество подготовки кадров, способных проектировать, строить и эксплуатировать мелиоративные системы и эффективно использовать орошаемые земли. В связи с этим, предлагается создать в России два эталонных (пилотных) мелиоративных объекта: в аридной и гумидной зонах – для производственного контроля и проверки отечественных и зарубежных разработок науки и практики для дальнейшего внедрения их в производство.

Для подготовки кадров предлагается при Волгоградском государственном аграрном университете (учхоз «Горная поляна») создать полигон по испытанию мелиоративной техники, максимально используя его для обучения студентов и проведения научно-исследовательских работ (НИР).

Список использованных источников

- 1 Стратегия инновационного развития мелиоративного комплекса России на период 2012–2020 годы / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, А. И. Перельгин, Л. М. Докучаева, Т. П. Андреева, Н. И. Балакай; ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2011. – 48 с. – Деп. в ВИНТИ 19.07.11, № 348-B2011.
- 2 Щедрин, В. Н. Мелиорация – основа устойчивого развития АПК России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 3. – С. 98–107.
- 3 Щедрин, В. Н. Мелиорация в России: проблемы и перспективы / В. Н. Щедрин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – Спецвыпуск. – С. 30–36.
- 4 Программирование технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Северного Кавказа: рекомендации / Н. А. Кан, В. Г. Бурдюгов, Г. Т. Балакай, В. С. Борщева, В. Д. Гутыря [и др.]. – Ростов н/Д., 1985. – 120 с.
- 5 Бабичев, А. Н. Оперативное управление режимом орошения при программировании урожайности сельскохозяйственных культур / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 83–96. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=491&id=498>.
- 6 Балакай, Г. Т. Концепция дождевальнoй машины нового поколения для технологии прецизионного орошения / Г. Т. Балакай, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 2(26). – С. 1–18. – Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec477-field6.pdf.

References

- 1 Strategy of innovative development of the meliorative complex of Russia for the period 2012-2020 / V. N. Shchedrin, G. T. balakai, A. I. Perelygin, L. M. Dokuchaeva, T. P. Andreeva, N. I. balakai; FGNU "Rosniipm". - Novocherkassk, 2011. - 48 p. - DEP. in VINITI 19.07.11, № 348-V2011.
- 2 Shchedrin, V. N. Melioration-the basis of sustainable development of the agro-industrial complex of Russia / V. N. Shchedrin, G. T. balakai // Bulletin of agrarian science of the don. - 2010. – N 3. - Pp. 98-107.
- 3 Shchedrin, V. N. Melioration in Russia: problems and prospects / V. N. Shchedrin // Melioration and water management. - 2018. - Special Issue. - Pp. 30-36.
- 4 Programming technologies for cultivating agricultural crops on the irrigated lands of the North Caucasus: recommendations / N. A. Kan, V. G. Burdyugov, G. T. balakai, V. S. borsheva, V. D. Gutyrya [et al.]. - Rostov n / D, 1985. - 120 p.
- 5 Babichev, A. N. Operational management of irrigation regime when programming crop yield / A. N. Babichev, G. T. balakai, V. A. Monastyrsky // Scientific journal of the Russian research Institute of reclamation problems [Electronic resource]. – 2017. – № 3(27). – P. 83-96. - access Mode: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=491&id=498>.
- 6 Balakai, G. T. Concept of a new generation sprinkler machine for precision irrigation technology / G. T. Balakai, S. M. Vasiliev, A. N. Babichev // Scientific journal of the Russian research Institute of land reclamation problems [Electronic resource]. – 2017. – № 2(26). – P. 1-18. - access Mode: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec477-field6.pdf.

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ И ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.619:631.445

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.47.32.031

ПРИКЛАДНАЯ МОДЕЛЬ РАССОЛЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

¹Абдешев К.Б., ²Мустафаев Ж.С., ²Козыкеева А.Т., ³Абдикеримов С.А.

¹Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан;

²Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан;

³Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезов, Шымкент, Казахстан

Аннотация. На основе уравнений гидрогеохимического процесса и кинетики химической реакции между твердыми и жидкими веществами получена прикладная модель рассоления почвы. Математическая модель для определения промывных норм с учетом фильтрационной способности почвенного слоя позволяет разработать водосберегающую технологию и технологические схемы промывки засоленных почв, обеспечивающих экологическую устойчивость почвенного и растительного покровов ландшафтных систем.

Ключевые слова: почва, химия, реакция, рассоление, засоление, модель, промывка, процесс

APPLIED MODEL OF SOILS DESALINIZATION

¹Abdeshev K. B., ²Mustafayev Zh. S., ²Kozykeyeva A. T., ³Abdikerimov S. A.

¹Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan

²Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

³South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

Abstract. Based on the equations of the hydrogeochemical process and the kinetics of the chemical reaction between solid and liquid substances, an applied model of soil desalination is obtained. The mathematical model for determining the leaching norms, taking into account the filtration capacity of the soil layer, allows us to develop a water-saving technology and technological schemes for washing saline lands that ensure the environmental sustainability of the soil and vegetation cover of landscape systems.

Key words: soil, chemistry, reaction, desalination, salinization, model, leaching, process

Введение

Современный уровень и темпы развития использования земельных ресурсов для обеспечения продовольственной безопасности населения в мире требует необходимости более глубокого изучения особенностей формирования почв в ландшафтных системах, как одной из производительных сил отраслей экономики. Для понимания и познания почвообразовательных и гидрогеохимических процессов в почвенных средах в естественных условиях и антропогенной деятельности возникла необходимость использования методов математического моделирования, позволяющих проводить количественное и качественное описание водно-физических и геохимических свойств почв, как средообразующей функции природной системы.

В естественных ландшафтах почва представляет собой специфическую саморегулируемую систему открытого характера, где наблюдается исключительно тесная взаимосвязь с условиями внешней среды, способствующая формированию высокопродуктивных разновидностей почвы, в том числе на низкопродуктивных засоленных почвах.

В связи с широким освоением засоленных почв для создания высокопродуктивных сельскохозяйственных угодий вопросы построения теории оптимального управления гидрогеохимическими процессами в почвенных средах требуют построения модели «рассоление-засоление» почв, позволяющей всестороннее изучение физико-химического процесса в почвенных средах в условиях антропогенной деятельности.

Цель исследования – на основе физико-химических процессов природной системы разработать математическую модель рассоления засоленных почв.

Материалы и методы исследования. Разработка математической модели гидрогеохимических процессов почвенной среды естественных ландшафтных систем и гидроагроландшафтов требует отражения прямой и обратной связи между внешними факторами и природными процессами, которые подчиняются закономерностям физико-химической гидродинамики пористых сред.

Однако теоретическая зависимость, полученная на основе математического уравнения кинетики химических реакций между твердыми и жидкими веществами, не может учитывать физических и химических процессов, которые происходят в почвенной среде, так как они получены с весьма искусственными допущениями при решении дифференциальных уравнений массопереноса в пористых средах.

При этом, всякая теория, являясь обобщением накопленных знаний, может быть предназначена и для дальнейшего углубления и расширения самих знаний, и для использования уже полученных знаний в совершенствовании количественной теории процессов засоления и рассоления почв и почвообразовательного процесса. Вместе с тем, при разработке теории, предназначенной для использования в этих двух основных направлениях, могут быть сформированы и более узкие задачи, которые определяют ее характер и форму, то есть моделирование процессов солеотдачи при промывке засоленных почв и продуктивности сельскохозяйственных культур в зависимости от типа и степени засоления почв гидроагроландшафтных систем.

Изучение закономерностей процессов засоления и рассоления почв в гидроагроландшафтных системах на основе математического моделирования гидрогеохимических процессов и выполнения сравнительного анализа результатов экспериментальных исследований по познанию, описанию и изучению процессов выщелачивания почвенного слоя в результате промывки в различных технологических режимах позволяет проводить целенаправленное регулирование почвообразовательного процесса при освоении засоленных земель для формирования высокопродуктивных сельскохозяйственных угодий.

Вероятно, это объясняется не только огромной теоретической и практической важностью засоления и рассоления почв, но также и тем, что эти почвообразовательные и гидрогеохимические процессы, по своей природе, могут быть

хорошим объектом для моделирования с использованием модели природы и природного процесса.

Математический подход при изучении любых процессов требует их формализации, то есть создания их математической модели. Так, при рассмотрении перераспределения солей в почвогрунтах, в первую очередь, требуется их формализация - замена пористой среды твердым телом, содержащим большое количество пустот, характерный размер которых мал сравнительно с характерным размером тела.

На основе систематизации и структурного анализа существующих моделей природы и природного процесса сделана попытка описания некоторых отдельных процессов, происходящих при засолении и рассолении почв, а также их влияния на продуктивность сельскохозяйственных культур. При этом следует отметить, что рассмотренные математические модели засоления и рассоления почв не могут решить эту задачу и проблему в целом. Мы намеревались лишь внести определенный вклад в решение актуальной проблемы количественного описания процесса формирования засоленных почв и моделирования процесса рассоления их на основе законов Природы.

Результаты исследования. Для мелиорации почв, то есть при изучении процессов засоления и рассоления компонентов природной системы, характерно стремление строить математические модели, которые не только дают описание и объяснение уже установленных физических закономерностей изучаемого круга явлений, но и позволяют предсказать гидродинамические закономерности, позволяющие регулировать и управлять этими природными процессами. Приведем подробный анализ на примере известных закономерностей физики, химии и экологии, а также законов Природы, которые позволяют определить природные сущности процессов засоления и рассоления почв.

Особенностями кинетики химической реакции между твердыми и жидкими веществами, которые встречаются при промывке засоленных почв в аридных зонах с сухим климатом, является скорость химических реакций, которая характеризует изменения концентрации компонентов химических реакций во временном масштабе.

В процессе промывки засоленных почв скорость химической реакции определяет уменьшение концентрации исходного засоления или увеличение концентрации почвенного раствора. Скорость уменьшения концентрации солей в почвенном слое равно - dC/dt , а скорость увеличения концентрации почвенного раствора равна dC/dt , где C - концентрация почвенного раствора, t - время прохождения химических реакций между твердыми и жидкими веществами.

При этом порядок химических реакций между твердыми и жидкими веществами в почвенной среде - это эмпирическая величина, равная сумме показателей степеней, с которыми концентрации почвенного раствора входят в выражение для скорости химических реакций, то есть для реакции между твердыми и жидкими веществами в почвенной среде $aA + bB > mM + nN$. Скорость уменьше-

ния концентрации твердого вещества C , жидкого вещества A можно представить по следующему уравнению:

$$V = -\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A^a \cdot C_B^b \quad (1)$$

где: C_A и C_B - концентрации жидкого (B) и твердого (A) веществ; k - коэффициент пропорциональности, входящий в уравнение, называется константой скорости; $a + b$ - показатель порядка химических реакций.

На основе уравнения (1) можно записать кинетическое уравнение химических реакций в дифференциальной форме для разного исходного засоления почвы:

$$-\frac{dC}{d\tau} = k \cdot C^2 \quad (2)$$

Для нахождения зависимости концентрации почвенного раствора от времени, необходимо проинтегрировать кинетическое уравнение химических реакций (2), то есть разделение переменных и интегрирование кинетического уравнения в пределах от нуля до τ , что позволяет получить следующее уравнение:

$$-\ln C = k \cdot \tau + const, \quad (3)$$

где: \ln - натуральный логарифм или, перейдя к десятичным логарифмам $\lg C = -(k \cdot \tau / 2.303) - (const / 2.303)$.

Построение графической зависимости логарифма концентрации почвенного раствора от продолжительности промывки, то есть $\lg C$ от τ , показывает прямую наклона с тангенсом угла $-tg\alpha$, равным $-k/2.303$ и отсюда $k = 2.303 \cdot tg\alpha$ (рисунок 1).

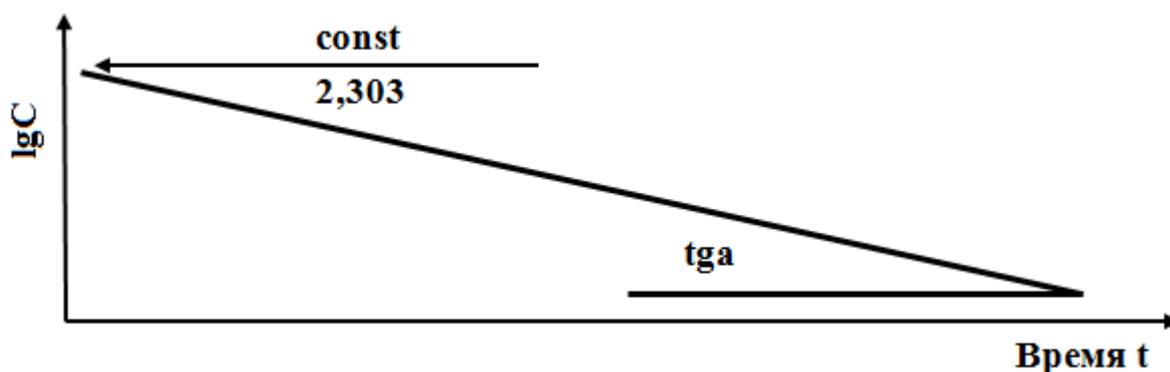


Рисунок 1 - График зависимости логарифма концентрации от времени

При этом, когда известно количественное значение константы скорости химических реакций k , можно определить количество растворенных твердых веществ, прореагировавшего к данному моменту времени.

Зная константу скорости химических реакций k и концентрацию почвенного раствора C при данном τ , можно определить константу интегрирования (

const) из уравнения (3) и на их основе прогнозировать концентрацию почвенного раствора для любого момента времени. Константу интегрирования можно также определить из графика зависимости логарифма концентрации от времени (рисунок 1), то есть точки пересечения прямой с осью $\lg C$ при $\tau = 0$ представляют $\lg C_0$ (рисунок 1). Следовательно, константа скорости химических реакций вычисляется как тангенс угла наклона прямой к оси времени: $k_i = -\tan \alpha$ и период полупревращения почвенного раствора: $\tau_{1/2} = \ln 2 / k_i$.

При этом решение уравнения с начальными условиями в момент времени $\tau_1 = 0$ и концентрации почвенного раствора $C_1 = C_0$, то концентрация почвенного раствора C в любой момент времени τ в соответствии с кинетическим уравнением химических реакций имеет следующий вид [3]:

$$k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{C_0}{C_\tau} \text{ или } C_\tau = C_0 \cdot \exp(-k \cdot \tau). \quad (4)$$

Это соотношение иллюстрирует важную особенность химической реакции первого порядка: время, за которое количество солей в почвенном слое уменьшается вдвое, не зависит от его количества на момент начала контактов между твердыми и жидкими веществами и в любой данный момент химической реакции.

На основе системного и сравнительного анализа результатов теоретических и практических исследований, проведенных в различных природно-климатических зонах, В.Р. Волобуев теоретически обосновал вывод уравнения для расчета промывных норм с использованием уравнения кинетики химической реакции между твердыми и жидкими веществами [4].

Таким образом, количество воды N , профильтровавшейся в почву за время промывки засоленных почв t , можно выразить как $N = V \cdot t$, где V - скорость фильтрации – величина постоянная, что дает возможность их представить с помощью дифференциального уравнения кинетики химической реакции между твердыми и жидкими веществами:

$$-d[S]/dN = k[S], \quad (5)$$

или

$$-d[S]/[S] = kdN. \quad (6)$$

Интегрирование этого уравнения дает:

$$-\ln[S] = k \cdot N + C, \quad (7)$$

Принимая граничные условия для скорости выщелачивания солей равными S_n и S_o (где S_n и S_o – начальное и допустимое) и для промывной нормы $N = 0$ и N , то есть: $S = S_n$ при $N = 0$ и $S = S_o$ при $N \neq 0$, тогда запишем:

$$-\ln[S] \frac{S_o}{S_n} = k \cdot N_o^N + C. \quad (8)$$

После ряда преобразований (6,7) имеем

$$\ln \frac{S_n}{S_o} = k \cdot N. \quad (9)$$

При переходе от натуральных логарифмов к десятичным зависимость имеет вид:

$$2,303 \lg \frac{S_n}{S_o} = k \cdot N, \quad (10)$$

так как $\ln = 2,303 \cdot \lg$:

Решая уравнение $2,303 \lg(S_n / S_o) = k \cdot N$ относительно N , получим:

$$N = \frac{2,303}{k} \cdot \lg \frac{S_n}{S_o}. \quad (11)$$

На основе структурного анализа уравнения (11), можно константировать, что $2,303/k$ является угловым коэффициентом, отражающим способность почвы к солеотдаче в процессе промывки засоленных почв, то есть, тогда $2,303/k = \alpha$, получим формулу В.Р. Волобуева [4].

Это позволяет детально расшифровать зависимость показателя солеотдачи не только от физико-химических свойств засоленных почв, но также и от скорости инфильтрационного потока, то есть поверхность твердого вещества остается равна $C_t = (n_o - n_t)/W$ (где n_o – количество реагента, имеющегося в объеме W раствора к началу опыта, а n_t – количество реагента, истраченного к моменту времени (t), то получим выражение [5]:

$$\ln \left[\frac{n_o}{n_o - n_t} \right] = D \frac{\theta \cdot t}{\delta \cdot W}. \quad (12)$$

Приняв в уравнении (12) величину $\ln[n_o / (n_o - n_t)]$ равной логарифму отношения исходного засоления, то есть $\ln(S_i / S_o)$ получим:

$$V \cdot t \cdot \lambda = \frac{\theta}{W \cdot \delta} \ln(S_i / S_o). \quad (13)$$

Так как промывная норма есть произведение скорости инфильтрации « V » на продолжительность промывки « t », то есть $N = V \cdot t$, выражение (13) можно записать так:

$$N = \frac{2,303}{W \cdot \lambda} \cdot \frac{\theta}{\delta} \cdot \ln(S_i / S_o) = \frac{\alpha}{\beta} \lg \frac{S_i}{S_o}. \quad (14)$$

С учетом физического смысла произведение, стоящее перед логарифмом можно записать так:

$$\alpha = \frac{2,303}{W \cdot \lambda} = (V \cdot t) / \ln(S_i / S_o); \quad \frac{1}{\beta} = \frac{\theta}{\delta}; \quad [\alpha] = \alpha / \beta, \quad (15)$$

где: α – коэффициент солеотдачи; β – параметр, который зависит от скорости перемешивания.

С учетом (14) формула (15) имеет вид [5]:

$$N = [\alpha] \cdot \ln(S_i / S_o) = \frac{\alpha}{\beta} \lg \frac{S_i}{S_o}. \quad (16)$$

Таким образом, параметр β , зависящий от скорости растворения твердого вещества, характеризует ускорение солеотдачи почвы в зависимости от скорости или интенсивности промывки засоленных почв, который имеет физико-химический смысл, как ускорителя химической реакции между твердыми и жидкими веществами. Зависимость коэффициента β от скорости или интенсивности промывки засоленных почв, представляющей скорость инфильтрационного потока через почвенный слой V_δ аппроксимировалась выражением [5]:

$$\beta = 2,02 \cdot \exp(-9,57 \cdot V). \quad (17)$$

При этом из структурного анализа уравнения (16) параметр $[\alpha]$ в формуле В.Р. Волобуева является комплексной характеристикой и расшифровывается как произведение коэффициента солеотдачи (α) и коэффициента ускорения солеотдачи (β). Коэффициент солеотдачи (α) зависит от механического состава и химизма засоления почв и является константой выщелачивания, которая может быть определена при гораздо меньших затратах времени и труда по сравнению с параметрами $[\alpha]$.

Коэффициент ускорения солеотдачи засоленных почв (β) зависит от технологии промывки засоленных почв и характеризует продолжительность контакта твердого и жидкого веществ в процессе проведения промывок, то есть является функцией скорости инфильтрационного потока.

Выводы

Таким образом, разработанная математическая модель для определения промывных норм с учетом фильтрационной способности почвенного слоя, позволяет разработать водосберегающую технологию и технологические схемы промывки засоленных земель, обеспечивающих экологическую устойчивость почвенного и растительного покровов ландшафтных систем.

Список использованных источников

1. Бекетов Н.Н. Избранные произведения по физической химии. - Харьков: Издательство Харьковского государственного университета им А. М. Горького, 1955. – 274 с.
2. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия (Под ред. А.Г. Стромберга). - М.: Высшая школа, 1988. – 496 с.
3. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. – М.: Высшая школа, 1974. – 400 с.
4. Волобуев В.Р. О закономерности выщелачивания солей из почв // Гидротехника и мелиорация, 1983. - №7. – С. 66-68.
5. Мустафаев Ж.С. Физико-математическое моделирование процесса выщелачивания солей из почвы // Плодородие почв Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1986. - вып.2. - С.64-72.

References

1. Beketov N. N. Selected works on physical chemistry. - Kharkiv: Publishing house of the A. M. Gorky Kharkiv state University, 1955. - 274 p.
2. Stromberg A. G., Semchenko D. P. Physical chemistry (ed. by A. G. Stromberg). Moscow: Higher school, 1988, 496 p.
3. Emmanuel N. M., Knorre D. G. Course of chemical kinetics, Moscow: Higher school, 1974, 400 p.
4. Volobuev V. R. on the regularity of salt leaching from soils // Hydrotechnika I melioration, 1983. - №7. - Pp. 66-68.
5. Mustafaev Zh. S. Physical and mathematical modeling of the process of leaching salts from the soil // Soil fertility in Kazakhstan. - Alma-ATA: Nauka, 1986. - vol.2. - P. 64-72.

УДК 631.11

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.17.42.032

СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Воронов С.И., Плескачев Ю.Н.

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр Немчиновка, г. Москва, Россия

Аннотация. Для предотвращения потерь почвы от смыва при поверхностном стоке склоновых земель предусматривается полосное размещение полевых культур с чередованием однолетних культур с многолетними травами. Создание залуженных участков и буферных полос на склоне, способствует снижению количества смытой почвы от верхней межбуферной полосы к нижней.

Ключевые слова. склоновый агроландшафт, полосное размещение, буферные полосы, многолетние травы

WAYS TO PRESERVE THE FERTILITY OF SLOPE LANDS

Voronov S.I., Pleskachev Yu. N.

Federal state budget scientific institution, Federal research centre Nemchinovka, Moscow, Russia

Abstract. In order to prevent soil loss from flushing during surface runoff of slope lands, it is planned to place field crops with alternating annual crops with perennial grasses. The creation of tinned areas and buffer strips on the slope helps to reduce the amount of washed soil from the upper interbuffer strip to the lower one.

Keyword. slope agricultural landscape, lane placement, buffer strips, perennial grasses

Почва является основным средством сельскохозяйственного производства и предметом труда. Одновременно с производственными функциями, с которыми связано экономическое благополучие человечества, она выполняет биосферную роль, от которой зависит экологическая стабильность. Поэтому особенно актуальны на сегодняшний день вопросы состояния и рационального использования земельного фонда [1].

Решение противозерозионной проблемы и сохранения плодородия склоновых земель всецело определяется освоением адаптивно-ландшафтного комплекса, основой которого является контурно-мелиоративная система земледелия, включающая, наряду с другими, соответствующие технологические приемы возделывания культур, обеспечивающие предотвращение потерь почвы от эрозии, регулирование и рациональное использование поверхностного стока, воспроизводство почвенного плодородия [2].

Важнейшим звеном в системе контурно-мелиоративного земледелия является определенное чередование культур во времени и пространстве, т.е. – севооборот. Ввиду большого разнообразия природных и социальных факторов, севообороты необходимо увязывать не только с отдельным хозяйством, но и отдельным производственным участком. Определяющими при их разработке, должны быть: положительный баланс гумуса за ротацию, насыщение севооборота биологически различными группами растений, особенно с высокими почвозащитными свойствами, использующих осадки всего вегетационного периода и стабилизирующих выход продукции [3,10].

Схемы севооборотов в условиях склоновых агроландшафтов по возможности должны быть с короткой ротацией и меньшим набором возделываемых культур, что позволит ускорить их внедрение, выявить позитивные и негативные стороны, а при необходимости заменить ту или иную культуру, в зависимости от конъюнктуры рынка [4].

Среди наиболее действенных приемов повышения противозерозионной роли посевов на склонах, в условиях проявления водной эрозии почв, выделяется полосное размещение полевых культур с чередованием однолетних культур с многолетними травами [5,6].

Эффективность полосного размещения растений обусловлена тем, что, разделяя склон на ряд отрезков, мы тем самым сокращаем длину поверхности стока, а смыв почвы гасится на границе с многолетними травами. На каждой полосе создается наибольшая однородность рельефа, почвенного покрова и микроклимата; исключается обработка почвы вдоль склона; проведение полевых работ осуществляется контурно [7].

О.Г. Котлярова отмечала безальтернативность буферно-полосного возделывания сельскохозяйственных культур на крутопокатых склонах, особенно при этом биологически чистое воздействие на почву и окружающую среду. Помимо дополнительного сбора продукции буферные полосы из многолетних трав (если они временные) обеспечивают повышение плодородия почвы, занятой под ними [8].

В своих исследованиях мы определяли влияние травяных буферных полос на сохранение плодородия почвы и продуктивность культур при межбуферном размещении на склонах с крутизной от 1 до 3°.

Определения и наблюдения проводились по элементам водосборной территории – верхнее и нижнее залужения, три межбуферных и три буферных полосы. На трех межбуферных полосах размещен зернопаровой севооборот:

черный пар - озимая рожь – ячмень.

В данном опыте мы возвращаемся, как бы к многопольно-травяной системе земледелия, где часть или половину пашни занимают многолетние травы в течение 4-6 лет, а вторую половину – сельскохозяйственные культуры, но с существенным рядом особенностей. Травы в поле занимают не просто его часть, а располагаются полосами поперек склона. Ширина полос напрямую зависит от крутизны склона на конкретном поле (рабочем участке). В нашем опыте ширина верхнего залужения составляет 30 м, ширина нижнего залужения составляет 35 м. На первой площадке ширина буферных и межбуферных полос была одинаковой и составляла 65 м. На второй площадке ширина буферных полос по 52 м, а ширина межбуферных полос по 78 м. На третьей площадке ширина буферных полос по 44 м, а ширина межбуферных полос по 86 м.

Общая длина склона с верхним и нижним залужением - 455 м; общая ширина склона - 768 м, включающая и залуженный водоток. Общая площадь опытного участка 35 га.

Вхождение в севооборот происходило: 1) через поле черного пара, что позволяет качественно разделить пласт многолетних трав и посеять озимую рожь; 2) второе поле занимает озимая рожь; 3) последним третьим полем полевого севооборота является ячмень с подсевом многолетних трав (люцерна + житняк).

Участки под посев сельскохозяйственных культур засеваются по кругу, начиная с многолетних трав. Таким образом, в случае неравномерности ширины полос пересев, а, следовательно, и загущенный посев приходится на середину полосы, тем самым создавая дополнительный барьер для сноса почвы при ливне или сильном ветре.

Наличие полос из многолетних трав создает каркас, который предотвращает от водной и ветровой эрозии и закрепляет направление основной обработки почвы. Последующее использование многолетних трав на сено окупает затраты на их создание. Распашка трав под пар позволяет повысить плодородие почвы под последующие сельскохозяйственные культуры, а вышедшие из-под сельскохозяйственных культур обедненные почвы занимают травами.

Построение севооборотов ведется в два этапа: а) разбивка площадей рабочих участков на занятые многолетними травами и другими сельскохозяйственными культурами; б) после трех лет использования площади под многолетними травами на данное место приходит обычный севооборот, который до этого занимал вторую часть поля.

Исследования проводили на типичном склоне северной экспозиции Приволжской возвышенности в системе контурно-мелиоративного земледелия, на каштановой средне- и сильноэродированной почве по элементам склона: верх-

нее и нижнее залужение, две буферные полосы шириной по 65 м и три межбуферные шириной по 10 м. Биологический урожай травосмеси на залуженных участках (верхнее и нижнее залужение, две буферные полосы и водоток) определялся в фазу цветения люцерны на трех площадках перед скашиванием на сено путем наложения метровок, отбора и сушки снопов с последующим пересчетом в сено при 16% влажности в десятикратной повторности.

В опытах проводилось определение высоты снежного покрова, запасов воды в снеге, поверхностного стока и смыва почвы, структурно-агрегатного состава, водопропускности и порозности, наблюдения за динамикой влажности, содержанием и дифференциацией гумуса, биологической активностью и пищевым режимом.

Отмечалось, что с каждым годом содержание водопрочных агрегатов под бобово-злаковой травосмесью люцерны с житняком увеличивалось на всех элементах агроландшафта, занятых многолетними травами – верхнем и нижнем залужении, первой, второй и третьей буферной полосах.

Наибольшая высота снежного покрова была на местах с растительным покровом, и в первую очередь, занятыми многолетними травами – участках верхнего, нижнего залужения и буферных полосах. Максимальная высота снежного покрова наблюдалась в первой декаде марта и находилась на указанных участках на уровне 20–23 см на первой площадке опытов. Затем шли участки с озимой рожью, наименьшая высота снежного покрова наблюдалась на участках с зяблевой обработкой, т. е. без растительного покрова.

На участке нижнего залужения всегда снега было больше, чем на участке верхнего залужения, на третьей буферной полосе больше, чем на второй и первой буферной полосах, и на третьей межбуферной полосе больше, чем на второй и первой межбуферных полосах.

Кроме этого еще отмечалось, что на площадке с более широкими буферными полосами высота снежного покрова была выше, чем на площадках с более узкими полосами (табл. 1).

Ликвидация стока паводковых вод не только устраняет водную эрозию почвы, но и помогает избежать засухи. Еще П.А. Костычев отмечал, что уменьшение зимнего запаса влаги только на 4% может в сухое лето снизить урожай в 2 раза [9].

Таблица 1 – Запасы воды в снеге перед снеготаянием, среднее за 2017-2019 гг., мм

Элементы ландшафта	Площадка 1	Площадка 2	Площадка 3
Верхнее залужение	58,0	58,0	58,0
1 МБП	51,3	52,9	46,7
1 БП	59,4	59,4	59,4
2 МБП	52,1	48,6	47,2
2 БП	61,9	61,9	61,9
3 МБП	53,2	50,5	48,1
3 БП	64,4	64,4	64,4
Нижнее залужение	64,4	64,4	64,4

Наши расчеты показали, что поверхностный сток талых вод на зяби, подготовленной под посев ячменя, в среднем за три года исследований равнялся 36%. Поверхностный сток талых вод в посевах озимой ржи был на 12% ниже, а под многолетними травами на 17% ниже (табл. 2).

Таблица 2 - Поверхностный сток талых вод, среднее за 2017-2019 гг.

Годы	Запас влаги в слое почвы 0-1,0 м, мм			Сток	
	осен- ний (А)	в сне- ге (Q)	весенний (Н)	мм (S)	% S
Черный пар	105,1	48,1	98,4	54,8	36
Озимая рожь	107,1	58,1	125,8	39,4	24
Ячмень	105,1	47,9	98,3	54,7	36
Многолетние травы	102,0	63,2	136,0	29,2	18

Таким образом, в зависимости от вида использования склоновых земель (озимые культуры, яровые, или многолетние травы) показатель поверхностного стока будет различным.

Зная коэффициент поверхностного стока с учетом крутизны склона, можно рассчитывать, сколько влаги в почве будет весной. Исходя из этого, можно уже во второй-третьей декаде февраля прогнозировать запасы влаги в почве весной, и в соответствии с этим выбирать стратегию весенне-полевых работ.

Направленность почвообразовательных процессов в условиях склоновых агроландшафтов в большой степени определяется характером снегоотложения. Немаловажное значение при этом приобретает дренированность почвы, от которой зависит фильтрация воды в нижележащие слои. На полях со слабой водопроницаемостью возможность выщелачивания, то есть обеднение растворимыми минеральными и органическими веществами верхнего корнеобитаемого слоя, уменьшается, но возрастает опасность переувлажнения верхних горизонтов почвы от большого количества талой воды, заплывания и чрезмерного уплотнения, что неблагоприятно отражается на ее физических свойствах и протекающих в ней процессах.

Если в районах с интенсивным проявлением эрозионных процессов в среднем с обрабатываемых склонов в год смывается слой почвы в 5 мм, в этом случае ежегодная потеря почвы со 100 га составит 500-600 т. Принимая, что на склоновых землях среднее содержание гумуса в верхнем горизонте составляет 3%, при годовом смыве 5 т/га, теряется 150 кг гумуса. Как известно, наличие в почве общего азота составляет примерно 5% от содержания гумуса. Следовательно, при годовой потере с 1 га 150 кг гумуса из почвы выносятся 7,5 кг общего азота.

В наших исследованиях наблюдения за динамикой содержания элементов минерального питания по элементам агроландшафта проводились в слое 0-0,3 м. Они показали, что наибольшее количество азота накапливалось на нижнем залужении, все остальные участки агроландшафта накапливали его на 6-10 мг/кг почвы меньше.

При этом, следует отметить, что на участках верхнего, нижнего залужения и буферных полос, занятых многолетними травами (люцерна + житняк), происходило обогащение пахотного слоя почвы общим и легкогидролизуемым азотом и снижение его содержания на межбуферных полосах, на которых был размещен севооборот: черный пар – озимая рожь – яровой ячмень.

Наибольший урожай сена формировался на водотоке – 5,04 т/га. Из экспозиций склона своей продуктивностью выделяется северо-восточная экспозиция. Если сравнивать элементы склона, то в результате определения биологического урожая сена травосмеси были выявлены наибольшие и стабильные их значения на нижнем залужении – от 2,56 до 3,48 т/га.

Результаты данных определений помещены в таблице 3.

Таблица 3 - Урожай сена, т /га (2017-2019 гг.)

Элемент склона	Экспозиция площадки			Водоток
	СВ	С	СЗ	
Верхнее залужение	2,44	2,56	2,80	5,04
1-я межбуферная полоса	Ячмень			2,92
1-я буферная полоса	3,08	2,64	2,80	3,40
2-я межбуферная полоса	Ячмень			2,64
2-я буферная полоса	3,24	2,52	1,28	2,68
3-я межбуферная полоса	Ячмень			2,40
Нижнее залужение	3,48	2,56	2,96	3,36

2017 год НСР_{0,5}, т/га = 0,036; 2018 год НСР_{0,5}, т/га = 0,032; 2019 год НСР_{0,5}, т/га = 0,038

Из таблицы видно, что урожай травосмеси (люцерна + житняк) формировался в основном за счет естественного плодородия почвы каждого из исследуемых элементов склона. В годы с большим количеством осадков в осенне-зимние месяцы на склонах северной экспозиции возможно получение от 1,3 до 3,5 т/га сена бобово-злаковой травосмеси (люцерна + житняк), в зависимости от плодородия средне- и сильноосмытой каштановой почвы на отдельных элементах этих склонов.

Заключение

В результате проведенных исследований и наблюдений можно сделать следующие выводы:

- Создание залуженных участков и буферных полос на склоне, способствует снижению количества смытой почвы от верхней межбуферной полосы к нижней;
- На залуженном водотоке, с построенными и работающими водопоглощающими канавами с валом, происходит перераспределение стока талых

вод и прекращение смыва почвы и тем самым осуществляется сохранение плодородия почвы и снижение деградационных процессов;

- Наибольший урожай сена формируется на водоток;
- Из элементов склона наибольшую продуктивность имеет нижнее залужение.

Список использованных источников

1. Овчинников, А.С. Эволюция систем обработки почвы Нижнего Поволжья / А.С. Овчинников, Ю.Н. Плескачев, О.Н. Гурова // - Волгоград: ИПК ФГОУ ВПО ВГСХА «Нива», 2011. -253 с.
2. Плескачев, Ю.Н. Способы основной обработки каштановых почв Нижнего Поволжья в зернопаровом севообороте / Ю.Н. Плескачев, И.Б. Борисенко // Монография. Ниж.-Волж. научно-исслед. ин-т сельского хозяйства. – Волгоград: Перемена, 2005. 200 с.
3. Бабаян, Л.А. Агропроизводственное использование обрабатываемых угодий на склонах Приволжской возвышенности / Л.А. Бабаян, А.М. Беляков, В.В. Леонтьев // Волгоград, 2011. – 107 с.
4. Шабаев, А.И. Эрозия почв и принципы конструирования почвозащитных систем в агроландшафтах Поволжья / А.И. Шабаев // Материалы Всероссийской н.-пр. конф. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия для засушливых условий Нижнего Поволжья (14-17 июня 2005 г.). - Волгоград. НВ НИИСХ, 2005. – С. 21-31.
5. Лобанов, М.П. Агроэкологические перспективы повышения плодородия каштановых почв / М.П. Лобанов, Е.В. Титов // Эколого-мелиоративные аспекты научно-производственного обеспечения АПК. М.: Изд-во «Современные тетради», 2005. – С. 214-216.
6. Каштанов А.Н. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия / А.Н. Каштанов, А.П. Щербаков, Г.Н. Черкасов // Курск, Тверь: Чудо, 2001.– 260 с.
7. Плескачев, Ю.Н. Буферные полосы на типичном склоне приволжской возвышенности / Ю.Н. Плескачев, Н.С. Максимова // Материалы VIII Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 75-летию профессора А.Т. Фарниева. Часть 1. - Владикавказ, Изд. «Горский госагроуниверситет», 2012. – С. 192-195.
8. Котлярова, О.Г. Ландшафтная система земледелия - основа повышения плодородия почв / О.Г. Котлярова, Л.М. Колесников, Е.Г. Котлярова // Белгород, 2000. - 322 с.
9. Костычев, П.А. Избранные труды / П.А. Костычев // – Л.: Изд-во АН СССР, 1951. – 664 с.
10. Шевченко В.А. Перспективы производства растениеводческой продукции на мелиорированных землях Нечерноземной зоны России / В.А. Шевченко.- М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2017.- 920 с.

References

1. Ovchinnikov, A. S. Evolution of soil treatment systems in the Lower Volga region / A. S. Ovchinnikov, Yu. N. Pleskachev, O. N. Gurova // - Volgograd: IPK FGOU VPO VGAA "Niva", 2011. -253 p.
2. Pleskachev, Yu. n. Methods of basic processing of chestnut soils of the Lower Volga region in the grain-pair crop rotation / Yu. N. Pleskachev, I. B. Borisenko // Monograph.Nizh.- Volzhsky scientific research Institute of agriculture. – Volgograd: Change, 2005. 200 p.
3. Babayan, L. A. Agricultural use of cultivated land on the slopes of the Volga upland / L. A. Babayan, a.m. Belyakov, V. V. Leontiev // Volgograd, 2011. - 107 p.
4. Shabaev, A. I. soil Erosion and design principles of soil protection systems in agro-landscapes of the Volga region / A. I. Shabaev // Materials of all-Russian scientific research center for new information technologies. Adaptive landscape systems of agriculture for arid conditions of the Lower Volga region (June 14-17, 2005). - Volgograd. NV niiskh, 2005. - Pp. 21-31.

5. Lobanov, M. p. Agroecological prospects for increasing the fertility of chestnut soils / M. p. Lobanov, E. V. Titov // Ecological aspects of production support APK. M.: Publishing house "Modern notebooks", 2005. – S. 214-216.
6. Kashtanov A. N. Handbook and regulations for the development of ADAP-tive landscape farming systems / A. N. Chestnut, A. P. Shcherbakov, G. N. Cherkasov // Kursk, Tver: Chu-Do, 2001.– 260
7. Pleskachev, Yu. n. Buffer strips on a typical slope of the Volga upland / Yu. n. Pleskachev, N. S. Maximova // Materials of the VIII International scientific and practical conference of young scientists dedicated to the 75th anniversary of Professor A. T. Farniev. Part 1. - Vladikavkaz, Ed. Gorsky state agrarian University, 2012, Pp. 192-195.
8. Kotlyarova, O. G. landscape system of agriculture-the basis for increasing soil fertility / O. G. Kotlyarova, L. M. Kolesnikov, E. G. Kotlyarova // Belgorod, 2000. - 322 p.
9. Kostychev, P. A. Selected works / p. A. Kostychev // - L.: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1951. - 664 p.
10. Shevchenko V. A. Prospects of crop production on reclaimed lands of the non-Chernozem zone of Russia / V. A. Shevchenko. - Moscow: Publishing house of the A. N. Kostyakov Vniigim, 2017. - 920 p.9. Kostychev, P. A. Selected works / p. A. Kostychev // - L.: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1951. - 664 p.

УДК 631.875

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.14.49.033

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ МАССЫ ЯЧМЕНЯ

Евсенкин К.Н., Нефедов А.В., Иванникова Н.А.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Мещерский филиал, г. Рязань, Россия

***Аннотация:** В работе приведены данные вегетационного эксперимента по изучению эффективности применения удобрительного мелиоранта (УМ), полученного в результате совместного ускоренного компостирования животноводческих отходов, осадка сточных вод и соломы, для восстановления плодородия деградированных мелиорированных земель.*

***Ключевые слова:** вегетационные сосуды, удобрительный мелиорант, животноводческие отходы, осадок сточных вод, плодородие почв*

INFLUENCE OF ORGANIC FERTILIZERS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE BARLEY VEGETATIVE MASS

Evsenkin K.N., Nefedov A.V., Ivannikova N.A.

All-Russian research institute for hydraulic engineering and reclamation, Meshchersky branch, Ryazan, Russia

***Abstract.** The paper presents the data of a vegetation experiment to study the effectiveness of fertilizer reclamation (UM), obtained as a result of joint accelerated composting of livestock waste, sewage sludge and straw, to restore the fertility of degraded reclaimed land.*

***Keywords:** vegetation vessels, fertilizer ameliorant, livestock waste, sewage sludge, soil fertility*

Для восстановления плодородия деградированных мелиорированных земель, их экологической устойчивости необходимо внесение многокомпонент-

ных органоминеральных мелиорантов [1-3]. Составляющие повышения плодородия почв представляют собой совокупность самых разнообразных факторов, влияющих на потенциальную отдачу сельскохозяйственных угодий в виде урожая. Удобрительные смеси, совмещающие достоинства минеральных и органических удобрений, содержащие в своем составе кроме основных макроэлементов - азота, фосфора и калия микроэлементы, гуминовые и биологически активные вещества, оказывают многогранное влияние на плодородие почвы, рост и развитие растений и применяются при реабилитации техногенно загрязненных земель [4-7]. Отходы, образующиеся от сельскохозяйственного производства, перерабатывающей промышленности, жилищно-коммунального хозяйства и другие, создают негативную ситуацию - загрязняя окружающую среду. Рациональным и экономически выгодным способом утилизации органических отходов является их переработка (сбраживание и компостирование), позволяющая нейтрализовать негативное воздействие отходов на окружающую среду и вместе с тем получить ценнейший продукт – источник органического вещества, применяемый при восстановлении плодородия длительно используемых и деградированных почв мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения. В связи с этим актуальным становится применение универсальных удобрений, содержащих в себе как органическую, так и минеральную составляющие.

Описание вегетационного опыта. Проведение вегетационного опыта по изучению эффективности применения удобрительного мелиоранта (УМ), полученного в результате совместного ускоренного компостирования животноводческих отходов, осадка сточных вод, соломы и внесения при перемешивании микробиологического препарата, для восстановления плодородия деградированных мелиорированных земель.

В качестве культуры реагента был использован яровой ячмень сорта «Кати». Схема вегетационного опыта предусматривает систематическое размещение вариантов в четырехкратной повторности в одном ярусе (Доспехов, 1979). Схема вариантов вегетационного опыта следующая: 1 - контроль без удобрений; 2 - почва с внесением УМ в дозе 5 т/га; 3 - почва с внесением УМ в дозе 10 т/га; 4 - почва с внесением УМ в дозе 20 т/га; 5 - почва с внесением навоза в дозе 15 т/га. Нормы внесения мелиорантов из расчета на сухое вещество.

После внесения мелиоранта почва в вегетационном сосуде тщательно перемешивалась, затем производилось увлажнение до 65% ППВ с последующим посевом семян ячменя.

Полив проводили, исходя из потребности растений. Расчет делали по массе сосуда. При этом переставляли сосуды, меняя их местами с крайних и средних рядов, чтобы выровнять условия освещения и обогрева.

Результаты эксперимента показали, что по метеорологическим параметрам тепловлагообеспеченности за вегетационный период 2019 год можно охарактеризовать как теплый с прохладными периодами в середине вегетации растений и сухим по осадкам. В целом 2019 год был не комфортным для растений со стрессовыми периодами по тепловлагообеспеченности.

Посев ячменя в вегетационных опытах был проведен 20 июня, всходы 0,5–1,0 см показали на четвертый день 24.06. В период вегетации ячменя проводили наблюдения за ростом и развитием растений, начиная со всходов и кончая уборкой. Данные наблюдений представлены в таблице 1 и на рисунке.

Таблица 1 - Фазы развития и высота растений ячменя, см

Варианты	Дата	Фазы развития	Средняя высота растений, см	Отклонения высоты от контроля, см
Контроль	30.06.	Полные всходы	2,0 - 3,0	-
УМ- 5,0 т/га			2,0 - 3,0	-
УМ – 10 т/га			2,0 - 3,0	-
УМ – 20 т/га			2,0 - 3,0	-
Н -15 т/га			2,0 - 3,0	-
Контроль	17.07.	Полное кущение	6,5	-
УМ- 5,0 т/га			7,1	+0,6
УМ – 10 т/га			7,5	+1,0
УМ – 20 т/га			7,8	+1,3
Н -15 т/га			8,0	+1,5
Контроль	28.07.	Начало выхода в трубку	11,5	-
УМ- 5,0 т/га			12,4	+0,9
УМ – 10 т/га			12,8	+1,3
УМ – 20 т/га			13,3	+1,8
Н -15 т/га			13,5	+2,0
Контроль	06.08.	Выход в трубку	15,6	-
УМ- 5,0 т/га			16,8	+1,2
УМ – 10 т/га			17,0	+1,4
УМ – 20 т/га			17,3	+1,7
Н -15 т/га			17,5	+1,9
Контроль	16.08.	Выход в трубку, второй узел стебля	19,7	-
УМ- 5,0 т/га			20,8	+1,1
УМ – 10 т/га			21,3	+1,6
УМ – 20 т/га			21,5	+1,8
Н -15 т/га			21,8	+2,1
Контроль	25.08.	Начало выметывания метелки	22,6	-
УМ- 5,0 т/га			23,6	+1,0
УМ – 10 т/га			23,8	+1,2
УМ – 20 т/га			24,0	+1,4
Н -15 т/га			24,2	+1,6
Контроль	04.09.	Выметывания метелки	25,4	-
УМ- 5,0 т/га			26,6	+1,2
УМ – 10 т/га			27,8	+2,4
УМ – 20 т/га			28,0	+2,6
Н -15 т/га			28,5	+3,1
Контроль	14.09	Налив зерна, полная спелость	28,9	-
УМ- 5,0 т/га			29,7	+0,8
УМ – 10 т/га			30,0	+1,1
УМ – 20 т/га			30,5	+1,6
Н -15 т/га			31,0	+2,1

Во время наблюдений существенных различий в наступлении фаз развития не наблюдалось.

Внесение удобрений не повлияло на появление всходов и их рост в начале вегетации. Однако в фазу кущения отмечается усиление роста растений при внесении органических удобрений. Наиболее заметное различие отмечается с фазы выхода в трубку и до уборки. В среднем прибавка прироста вегетативной массы в эти периоды составляла от 1,0 до 2,6 см. Наиболее существенная прибавка роста соломы отмечена при внесении навоза и 20 т/га удобрительного мелиоранта.



Рисунок - Развитие растений ячменя в период молочно-восковой спелости

Уборку и учет урожайности соломы провели в период полного созревания ячменя. Данные по учету урожайности соломы представлены в таблице 2.

Данные таблицы 2 показывают, что прибавка урожая соломы существенна и составляет на варианте с внесением удобрительного мелиоранта от 25,4 до 45,9 г/м². Прибавка урожая соломы на вариантах с внесением мелиоранта в дозе 20 т/га и навоза в дозе 15 т/га оказалась наиболее высокой и составила 50,6 и 78,8 г/м², что существенно выше по сравнению с другими вариантами. Увеличение массы сухих растений связано не только с большим ростом растений, но и с лучшим их развитием.

Таблица 2 – Урожайность соломы ячменя в, г/м²

№. Вариант	Повторность				Среднее	Отклонение +/-	
	1	2	3	4		г/м ²	%
1. Контроль	135,0	137,9	138,9	164,7	144,1	-	-
2. УМ - 5т/га	186,9	153,3	148,4	189,5	169,5	+25,4	+17,6
3. УМ - 10 т/га	170,7	168,5	180,9	167,9	171,9	+27,9	+19,3
4. УМ - 20 т/га	178,2	185,9	204,5	210,2	194,7	+50,6	+35,1
5. Н - 15 т/га	206,4	220,1	216,3	249,1	222,9	+78,8	+54,7
НСР ₀₅	21,9						

Таким образом, внесение навоза и 20 т/га удобрительного мелиоранта наиболее существенно влияют на рост и развитие вегетативной массы растений ячменя.

Список использованных источников

1. Ильинский А.В., Нефедов А.В., Евсенкин К.Н. Обоснование необходимости повышения плодородия мелиорированных аллювиальных почв АО «Московское» // Мелиорация и водное хозяйство № 5. – 2019. –С. 44–48.
2. Евсенкин К.Н., Нефедов А.В., Иванникова Н.А. Технология восстановления плодородия сработанных торфяных почв [Текст] // Основные результаты научных исследований института за 2017 год. Сб. науч. тр. Изд. ВНИИГиМ, -М.: -2018. –С. 148–158. (04.2018).
3. Евсенкин К.Н., Нефедов А.В., Иванникова Н.А., Мусаев Ф.А. Применение органоминерального мелиоранта фактора повышения продуктивности однолетних трав // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных ресурсосберегающих технологий в АПК: материалы Международной научно-практической конференции, РГАТУ, Рязань, 16-17 февраля 2017 г.) / под ред. Д.В. Виноградова. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2017. – Ч. 1. – С. 150–153.
4. Евсенкин К.Н., Нефедов А.В., Иванникова Н.А. Экономическая эффективность применения мелиоранта и подпочвенного увлажнения для повышения урожайности сельскохозяйственных культур [Текст] // Научно-практический журнал «Вестник мелиоративной науки», Выпуск № 2. ФГБНУ ВНИИ «Радуга», -Коломна. – 2018. –С. 4–9.
5. Дубенок Н.Н., Томин Ю.А., Мажайский Ю.А. Приемы окультуривания и принципы земледелия на мелиорируемых землях / Монография «Мелиорация и рациональное использование переувлажненных минеральных земель Нечерноземья России и Беларуси», Минск-Москва, - 2009, -С. 244-255.
6. Кирейчева Л.В., Яшин В.М., Нефедов А.В., Иванникова Н.А., Евсенкин К.Н. Исследования пролонгированного действия органоминерального удобрения «Сапросил» и его влияние на урожай овса // 2 Международная научно-практическая Интернет-конференция «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования» – Солоное Займище: ФГБНУ ПНИИАЗ, 2017. –С. 1070–1075.
7. Нефедов А.В., Иванникова Н.А., Евсенкин К.Н. Приготовление и эффективность применения органоминерального удобрительного мелиоранта на сработанных торфяных почвах // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных ресурсосберегающих технологий в АПК: материалы Международной научно-практической конференции, РГАТУ, Рязань, 16-17 февраля 2017 г. / под ред. Д.В. Виноградова. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2017. –Ч. 2. –С. 200–204.

References

1. Ilinsky A.V., Nefedov A.V., Evsenkin K. N. Justification of the need to increase the fertility of reclaimed alluvial soils of JSC "Moskovskoe" // Reclamation and water management N 5. – 2019. –Pp. 44-48.
2. Evsenkin K. N., Nefedov A.V., Ivannikova N. A. Technology of restoration of fertility of worked peat soils [Text] // The main results of the Institute's research in 2017. Sat. scien. Tr. Ed. VNIIGIM, - M.: -2018. - Pp. 148-158. (04.2018).
3. Evsenkin K. N., Nefedov A.V., Ivannikova N. A., Musaev F. A. Application of organomineral meliorant factor for increasing productivity of annual grasses // Ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of modern resource-saving technologies in the agro-industrial complex: materials of the International scientific and practical conference,

- RGATU, Ri-Zan, February 16-17, 2017) / edited by D. V. Vinogradov. - Ryazan: FGBOU VO RGATU, 2017. - Part 1. - Pp. 150-153.
4. Evsenkin K. N., Nefedov A.V., Ivannikova N. A. Economic efficiency of the use of meliorant and subsurface moisture for increasing crop productivity [Text] // Scientific-practical journal "Vestnik of reclamation science", Issue N 2. GNU VNII "Raduga", -Kolomna. – 2018. –Pp. 4-9.
 5. Dubenok N. N., Tomin Yu. a., Mazhaysky Yu.a. Methods of cultivation and principles of agriculture on reclaimed lands / Monograph "Reclamation and rational use of waterlogged mineral lands of Non-Chernozem areas of Russia and Belarus", Minsk-Moscow, - 2009, -Pp. 244-255.
 6. Kireicheva L. V., Yashin V. M., Nefedov A.V., Ivannikova N. A., Evsen-kin K. N. Research of prolonged action of organo-Mineral fertilizer "Saprosil" and its influence on the oat crop // 2 international scientific and practical Internet conference "Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management"-Salty zaymishche: PNI AZ FGBNU, 2017.-Pp. 1070-1075.
 7. Nefedov A.V., Ivannikova N. A., Evsenkin K. N. Preparation and effectiveness of organo-mineral fertilizer meliorant application on worked peat soils // Ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of modern resource-saving technologies in the agro-industrial complex: materials of the International scientific and practical conference, RSTU, Ryazan, February 16-17, 2017 / ed. by D. V. Vinogradov. - Ryazan: FGBOU VO RGATU, 2017. - Part 2. - Pp. 200-204.

УДК631.413.3

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.82.70.034

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ГИДРОБИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СПОСОБА ОСВОЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

¹Жусупова Л.К., ¹Умирзаков С.И., ²Мустафаев Ж.С., ²Козыкеева А.Т.

¹Кызылординский государственный университет имени Коркыт-Ата,
Кызылорда, Казахстан;

²Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

Аннотация. На основе изучения принципов формирования природных процессов разработаны новый концептуальный подход и способ освоения засоленных земель поэтапный во временном масштабе, обеспечивающие учет закономерностей формирования природных процессов, управляемых сопряжением природных и антропогенных факторов, базирующихся на динамически устойчивых ландшафтах.

Ключевые слова: засоление, почва, освоение, способ, природа, процесс, управление, принцип, формирование

BASIC PRINCIPLES FOR THE DEVELOPMENT OF A HYDROBIOECOLOGICAL METHOD FOR DEVELOPING SALTED LANDS FOR AGRICULTURAL USE

¹Zhusupova L.K., ¹Umirzakov S.I., ²Mustafayev Zh.S., ²Kozykeyeva A.T.

¹Kyzylorda State University named after Korkyt-At, Kyzylorda, Kazakhstan;

²Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

Abstract. Based on the study of the principles of formation of natural processes developed the new conceptual approach and method of development of saline lands in a phased time-scale that

takes into account the regularities of formation of natural processes governed by pairing natural and anthropogenic factors based on dynamically stable landscapes.

Keywords: *salinity, soil, development, method, nature, process, management, principle, formation.*

Введение. В современных условиях в аридных зонах Казахстана земельные угодья, пригодные для сельскохозяйственного использования, относятся к засоленным почвам, требующим для своего освоения проведения агротехнических и мелиоративных мероприятий. Кроме того, в результате вторичного засоления почвы, половина земель, ранее использованных для возделывания сельскохозяйственных культур, выведена из сельскохозяйственного оборота. В связи с этим, возникает необходимость проведения дополнительной реконструкции оросительных систем и рекультивации земель. При этом одной из актуальных задач, стоящей в области сельскохозяйственного использования аридных зон Казахстана, является освоение засоленных и подверженных засолению почв с учетом геоэкологических ограничений, обеспечивающих сохранение и восстановление устойчивости ландшафтных систем в условиях антропогенной деятельности.

В прошлом и в настоящее время проблемы освоения природных засоленных почв, пригодных для сельскохозяйственного использования, и восстановление вторичных засоленных земель, сформировавшихся в результате нарушения основных принципов мелиорации, стали актуальными с точки зрения обеспечения продовольственной безопасности страны и в связи с постоянным приростом населения.

При освоении природных засоленных земель и восстановлении вторичных засоленных земель для создания высокопродуктивных гидроагроландшафтных систем традиционным методом является промывка почвенного слоя. На первом этапе почвогрунты насыщаются до предельной полевой влагоемкости, обеспечивающей растворение твердых солей, а затем, с помощью дополнительной подачи воды, соответствующей предельной полевой влагоемкости расчетного слоя почвы, происходит их вытеснение в нижележащие от расчетного слоя почвы.

При освоении очень сильнозасоленных почв промывки сопровождались возделыванием солеустойчивых культур, которые продолжались несколько лет, чтобы обеспечить почвенно-мелиоративную устойчивость проектируемых гидроагроландшафтных систем [1-3].

Однако, следует отметить, что существующие способы и технологии освоения природных засоленных земель и восстановление вторично засоленных земель, базирующиеся на «жестком» регулировании гидрогеохимического режима почв с использованием достаточно большой техногенной нагрузки естественных и нарушенных ландшафтных систем, за короткий промежуток времени не обеспечивают устойчивого выравнивания их продуктивности, соответствующей энергетическим ресурсам природной системы.

Цель исследования - разработка нового концептуального подхода, а также способа освоения засоленных земель, поэтапного во временном масштабе, обеспечивающего учет закономерностей формирования природных процессов, управляемого сопряжением природных и антропогенных факторов, при этом базирующихся на динамически устойчивых ландшафтах.

Материалы и методы исследования. Разработка и формирование экологически безопасного освоения природных засоленных земель и восстановление вторичных засоленных земель, базирующихся на «мягком» управлении гидрогеохимического режима почв, проводится при соблюдении следующих принципов [4]:

- целью гидротехнических, биологических и экологических мероприятий при освоении природных засоленных земель и восстановлении вторично засоленных земель является поэтапное приближение их к оптимальному параметру с использованием промывки и возделывания солеустойчивых культур, обеспечивающих направленность и интенсивность почвообразовательного процесса соответственно закону эволюции;

- технологические параметры гидробиоэкологического способа освоения природных засоленных земель и восстановление вторично засоленных земель, направленные на повышение покупательной стоимости сельскохозяйственных угодий, должны соответствовать основным требованиям охраны окружающей среды и среды обитания человека;

- параллельное и последовательное выполнение гидротехнических, биологических и экологических мероприятий при освоении природных засоленных земель и восстановление вторично засоленных земель должно осуществляться с необходимой временной цикличностью, обеспечивающей поэтапное рассоление почв.

Теоретические базы исследования – для характеристики способа освоения засоленных земель использованы следующие признаки: наличие действия или совокупности действия, порядок выполнения таких действий во времени (последовательно, одновременно, в различных сочетаниях и тому подобное) и использование веществ (исходного сырья, реагентов, катализаторов и так далее), устройств (приспособлений, инструментов, оборудования и так далее), штаммов микроорганизмов, культур клеток растений или животных [5,6].

1. *Наличие действия или совокупности действия*, то есть в предлагаемом способе освоения засоленных земель материальным объектом, где происходят действия, являются засоленные почвы, в структуре которых имеются вещества в виде солей, требующие в данном случае удаления на основе совокупности действия, то есть с помощью промывки, которая позволяет вместе с фильтрационными водами выносить из верхнего слоя почвы водорастворимые соли и, с помощью возделывания после промывки солеустойчивых культур, выносить из корнеобитаемого слоя их биологическую массу, формирующуюся в процессе роста и развития растений, то есть в данном случае происходит двухстороннее рассоление, симметричное действиям промывки и возделывания солеустойчивых культур [5,6].

2. *Порядок выполнения таких действий во времени (последовательно, одновременно, в различных сочетаниях и тому подобное), то есть в предлагаемом способе освоения засоленных земель имеется последовательность действия – очень сильнозасоленные – сильнозасоленные – средnezасоленные – слабозасоленные – незасоленные с последующим возделыванием соответствующих солеустойчивых культур: очень устойчивые – устойчивые – среднеустойчивые – среднечувствительные – чувствительные, которые выполняются после достижения целей во времени, причем это происходит в параллельно-последовательных действиях [5,6].*

3. *Использование веществ (исходного сырья, реагентов, катализаторов и так далее), устройств (приспособлений, инструментов, оборудования и так далее), штаммов микроорганизмов, культур клеток растений или животных, то есть в предлагаемом способе освоения засоленных земель солеустойчивые культуры используются как биологические устройства, всасывающие соли из почвы и накапливающие их в своих биологических массах, то есть как биологическая емкость [5,6].*

Результаты исследования. Гидробиоэкологический способ освоения природных засоленных земель и восстановление вторично засоленных земель основан на поэтапной оптимизации технологии возделывания солеустойчивых сельскохозяйственных культур на фоне промывки с учетом водно-физических и химических свойств почвенного слоя, приближенных к естественной закономерности рассоления-засоления почвенного и растительного покровов ландшафтов, формирующихся в условиях ритмического колебания гидрогеохимических процессов в пространственно-временном масштабе.

При этом освоение природных засоленных земель и восстановление вторично засоленных земель для формирования высокопродуктивных сельскохозяйственных угодий необходимо рассматривать, как обустройство ландшафтных систем, обеспечивающих их покупательную стоимость. Следовательно, в технологическом процессе освоения природных и вторично засоленных земель она является объектом воздействия и средством производства, то есть средообразующей системой, формирующей гидроагроландшафты с новыми качествами, сохраняющими стабилизирующие функции природной системы.

Вместе с тем, почвенная среда, совместно с растительным покровом ландшафтных систем, служит биогеохимическим барьером, который формируется в результате природной и техногенной деятельности, способствующей прохождению разнообразных физико-химических, биохимических, биологических и микробиологических процессов, которые протекают при воздействии солнечной энергии.

Поэтому, при освоении природных засоленных земель и восстановлении вторично засоленных земель, улучшение качества почв может быть достигнуто управлением потоками влаги на поверхности почвы, в почвенном слое и подстилающих горизонтах, способствующих геологическому переносу и трансформации химических веществ.

Следовательно, при разработке гидробиоэкологического способа освоения природных засоленных земель и восстановления вторично засоленных земель возникает необходимость учитывать фундаментальные свойства природной системы, то есть открытость и нелинейность природных процессов, которые служат основой для формирования технологии промывки и возделывания солеустойчивых культур, являющихся основными компонентами технологического процесса и биогеохимическим барьером гидроагrolандшафтной системы.

При освоении засоленных земель, как правило, усиливается геологический круговорот, то есть в активный круговорот вовлекаются соли, захороненные в нижележащих горизонтах. Поэтому важным направлением при введении в сельскохозяйственный оборот засоленных земель является разработка такой технологии, при которой с помощью гидротехнических и агротехнических приемов и биомелиорации обеспечивается сохранение природной среды и, прежде всего, таких ее основных свойств, как открытость, целостность и функционирование на определенном допустимом уровне [5].

На основе предложенного принципиального подхода создания технологии и технического процесса производства продукции разработаны способы освоения природных засоленных земель и восстановления вторично засоленных земель, которые базируются на принципах мелиорации и проектирования мелиоративных систем, а также основных законах земледелия и агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур, и отличающиеся тем, что освоение засоленных земель проводится в двух симметричных и параллельно-последовательных действиях по времени в годовых интервалах с рассолением засоленных почв до определенного допустимого уровня с подачей промывной нормы, с учетом геоэкологических ограничений мелиорации земель и классификаций засоленных почв и солеустойчивости сельскохозяйственных культур от очень сильнозасоленных до сильнозасоленных, от сильнозасоленных до средnezасоленных, от средnezасоленных до слабозасоленных и от слабозасоленных до незасоленных с последующим возделыванием соответствующих им солеустойчивых культур: очень устойчивые – устойчивые – среднеустойчивые – среднечувствительные – чувствительные [6].

Таким образом, разработка гидробиоэкологического способа освоения природных засоленных земель и восстановления вторично засоленных земель, который осуществляется на основе двух симметричных и параллельно-последовательных действий по времени в годовых интервалах с рассолением засоленных почв до определенного допустимого уровня с подачей промывной нормы с учетом экологических ограничений мелиорации земель и классификации засоленных почв и солеустойчивости сельскохозяйственных культур, обеспечивающего экологическую устойчивость ландшафтных систем, соответствуют принципам формирования новых технологических продукций, которые включают наличие действия или совокупности действия, порядок выполнения таких действий во времени и использование веществ, присутствующих в технологических процессах мелиорации сельскохозяйственных земель (рисунок 1).

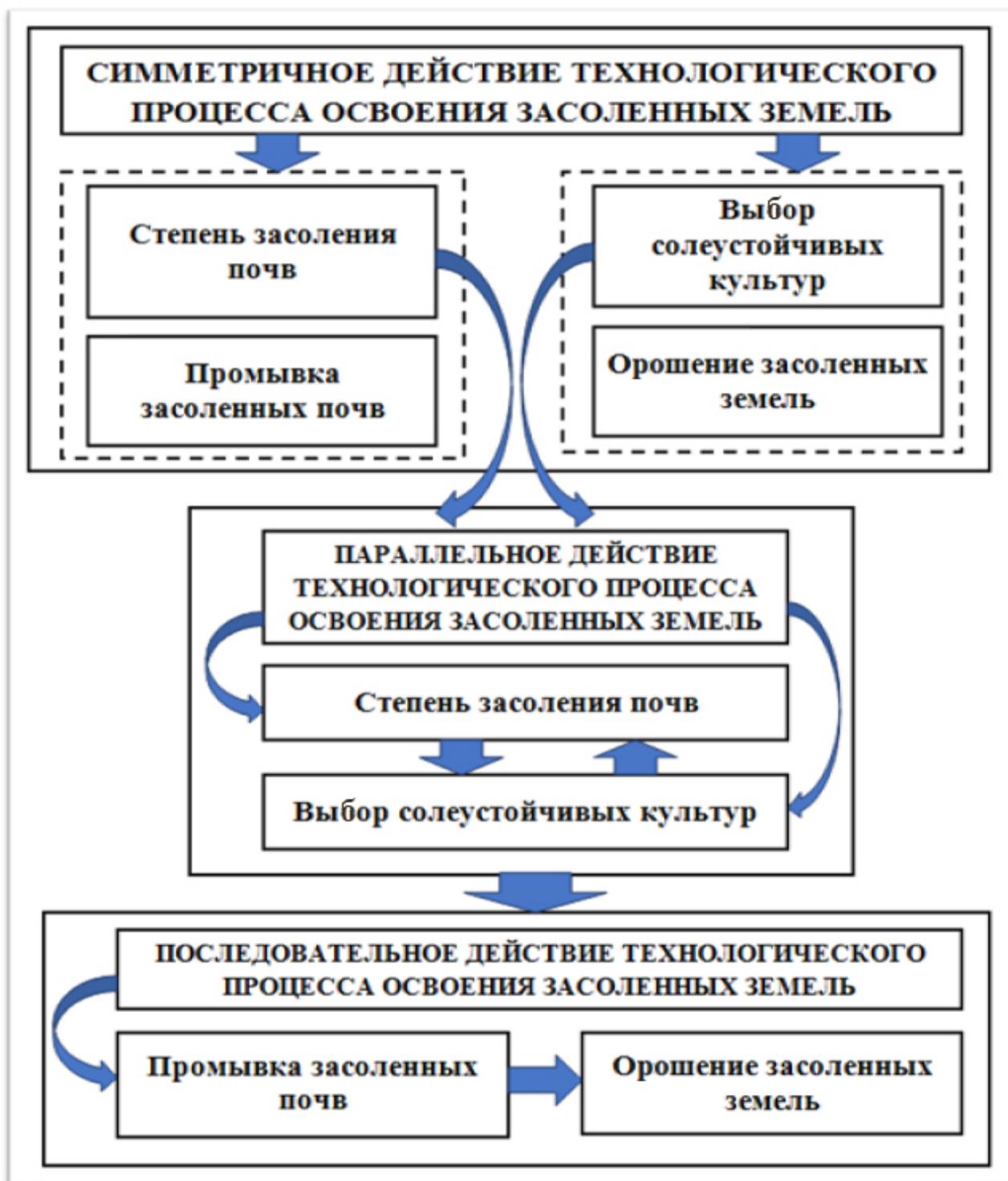


Рисунок 1- Концептуальная схема действия технологического процесса освоения засоленных земель

Поиск оптимальных управлений и регулирований технологического процесса при освоении природных засоленных земель и восстановлении вторично засоленных земель требует разработки методов их описания для вскрытия причинно-следственных связей и характеризующих весь механизм в процессе рассоления почвенной среды.

При этом следует отметить, что на первом этапе процесса освоения засоленных земель совокупность действия технологического процесса происходит

симметрично, то есть определение степени засоления почв и промывки засоленных почв составляет первое действие, а выбор солеустойчивых культур для возделывания на засоленных землях и орошение – второе действие производства продукции на сельскохозяйственных угодьях.

Во втором этапе действия технологического процесса освоения засоленных земель начинаются с определения степени засоления почв и соответствующего ему выбора солеустойчивых культур, действия технологического процесса проводятся параллельно, так как они друг с другом взаимосвязаны и взаимообусловлены.

В третьем этапе действия технологического процесса освоения засоленных земель проводятся последовательно, то есть с начала промывки засоленных земель и затем орошение солеустойчивых сельскохозяйственных культур, возделываемых как культуры-освоители.

Таким образом, при освоении природных засоленных земель и восстановлении вторично засоленных земель, потребность регулирования и управления почвообразовательными процессами обуславливает необходимость рассмотрения уровня организации гидротехнических и агротехнических мероприятий, которые должны выполняться на основе разработанной концептуальной схемы действия технологического процесса освоения засоленных почв для формирования высокопродуктивных гидроагроландшафтных систем. Для правильного понимания целей и задачи освоения природных засоленных земель и восстановления вторично засоленных земель необходимо точно определить систему ценностей и обозначить объекты воздействия. Такими ценностями в системе природопользования и природообустройства является сохранение качества окружающей среды, то есть человек и среда его обитания, а объектом воздействия – почва, как основная составная часть биосферы ландшафта в целом и как основное средство и предмет труда в сельскохозяйственном производстве, обеспечивающим продовольственную безопасность населения.

Список использованных источников

1. Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Сазанов М.А., Лытов М.Н. Моделирование процесса управления водно-солевым режимом почв в условиях орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2016. - № 2 (42). - С. 26-33.
2. Грамматикати О.Г. Концепция мелиоративных севооборотов на засоленных землях // Мелиорация и водное хозяйство, 1993. - №1. – С. 29-30.
3. Каштанов А.Н., Свинцов И.П., Максименко В.П. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. -Курск, Тверь: ЧуДо, 2001. - 260 с.
4. Мустафаев Ж.С., Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Жусупова Л.К. Экосистемное обоснование способов освоения засоленных земель // Агрэкология, 2015. - №2(4). - С. 4-9.
5. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Жусупова Л.К. Технология освоения засоленных ландшафтных систем с учетом геоэкологических ограничений // Сборник статей по материалам Международной научной экологической конференции «Экологической проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности». - Краснодар: Куб ГАУ, 2018. - С. 314-316.

6. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Карлыханов Т.К., Жусупова Л.К. Способ освоения засоленных земель (Патент РК, № 31836) // Электронный бюллетень, 2017. - №3. - 3 с.

References

1. Borodychev V. V., Dedova E. B., Sazanov M. A., Lytov M. N. Modeling of the process of managing the water-salt regime of soils under irrigation conditions // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: science and higher professional education. - 2016. - № 2 (42). - Pp. 26-33.
2. Grammaticati O. G. the Concept of reclamation crop rotations on saline lands // Reclamation and water management, 1993. - no. 1. - Pp. 29-30.
3. Kashtanov A. N., Svintsov I. P., Maksimenko V. P. Methodological guide and normative materials for the development of adaptive landscape systems of agriculture. - Kursk, Tver: Chudo, 2001. - 260 p.
4. Mustafayev Zh. S., Kireicheva L. V., Kozykееva A. T., Zhusupova L. K. Ecosystem justification of ways to develop saline lands // Agroecology, 2015. - №2(4). - Pp. 4-9.
5. Mustafayev J. S., Kozukeev A. T., Zhusupova L. K. Technology development saline landscape systems with consideration of environmental constraints // proceedings of international scientific ecological conference "Ecological problems of development of agricultural landscapes and ways of improving their productivity". - Krasnodar: KUB GAU, 2018. - P. 314-316.
6. Mustafayev Zh. S., Kozykееva A. T., karlykhanov T. K., Zhusupova L. K. Method of saline land development (Patent of the Republic of Kazakhstan, no. 31836) // Electronic Bulletin, 2017. - N 3. - 3 p.

УДК 631.6.02

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.65.56.035

ТЕХНОЛОГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОПАСНЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Лапушкин М.Ю.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Аннотация. В статье представлены технологии рекультивации земель, загрязненных опасными химическими веществами. Описывается необходимость создания методической базы для сравнения технологий рекультивации земель для обоснованного выбора соответствующей технологии.

Ключевые слова: рекультивация, опасные химические вещества, технологии

TECHNOLOGIES FOR LAND RECLAMATION CONTAMINATED WITH HAZARDOUS CHEMICALS

Lapushkin M.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

Abstract: The article presents the technologies of land reclamation contaminated with hazardous chemicals. The necessity of creating a methodological base for comparing land reclamation technologies for an informed choice of the appropriate technology is described.

Keywords: remediation, hazardous chemicals, technologies

На многих предприятиях промышленного и агропромышленного комплексов в Российской Федерации и в СССР использовались опасные химические вещества, которые попадали в окружающую среду в следствие несовершенства технологических процессов. В общем случае опасные химические вещества определяют, как токсичные химические вещества, применяемые в промышленности и в сельском хозяйстве, которые при разливе или выбросе загрязняют окружающую среду и могут привести к гибели или поражению людей, животных и растений [1]. Так, в сельском хозяйстве использовалась ртуть и ртутьорганические соединения для протравливания зерна. Для защиты посевов от вредителей до сих пор используются различные пестициды и гербициды. Самым ярким примером служит органическое вещество дихлордифенилтрихлорметан или ДДТ. ДДТ было одним из первых химических веществ, которое стало использоваться для защиты растений от вредителей. В настоящее время применение ДДТ запрещено.

В отраслях промышленности также применялась ртуть. Например, для получения каустической соды или для синтеза хлора, который использовался для отбеливания бумаги. При производстве силовых электрических конденсаторов использовались полихлорированные бифенилы (ПХБ). При использовании этих опасных химических веществ на производствах неизбежно происходили потери в окружающую среду. В результате чего загрязнялись объекты окружающей среды, в частности почвы, что приводило к изъятию из хозяйственного оборота земельных участков.

На сегодняшний момент органами государственной исполнительной власти выявлены следующие объекты с опасными химическими веществами, которые нуждаются в рекультивации [2]:

1. участок захоронения непригодных к использованию пестицидов, расположенный в Нижнеломовском районе Пензенской области (23 га);
2. здание хлорного цеха бывшего ОАО «Амурскбумпром» и территория в промышленной зоне г. Амурска (0,66 га);
3. склады бесхозных устаревших пестицидов, расположенные в д. Лесная, Палкинский район (0,19 га);
4. территория бывшего ОАО «Средневожский завод химикатов», расположенная в городском округе Чапаевск (155 га);
5. здания бывшего мышьякового завода и прилегающие к нему территории, загрязненные тяжелыми металлами, в п. Вершино-Дарасунский (Забайкальский край) (0,3 га);
6. полигон токсичных промышленных отходов «Красный бор» Тосненский район, Любанское лесничество (67,4 га);
7. территория бывшего ООО «Усолюхимпром» (площадь не установлена).

Подобные опасные объекты и загрязненные земельные участки продолжают выявляться и список пополняется. Это стало возможным благодаря созданию реестра объектов накопленного экологического вреда [3].

Для рекультивации этих территорий необходимы специальные технологии, которые способны ликвидировать вред, причиненный окружающей среде.

Однако, в действующих документах стандартизации [4] и нормативно-правовых актах [5] рекультивацию земель подразделяют на два этапа:

- технический этап рекультивации;
- биологический этап рекультивации.

На техническом этапе рекультивации выполняют мероприятия, которые могут предусматривать планировку, формирование откосов, снятие поверхностного слоя почвы, нанесение плодородного слоя почвы, устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, возведение ограждений, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для предотвращения деградации земель, дальнейшего использования земель по целевому назначению и разрешенному использованию и проведения биологических мероприятий [5].

Биологический этап рекультивации включает в себя комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почвы.

В представленных этапах рекультивации не описаны подходы к рекультивации земель, загрязненных опасными химическими веществами. Содержится только формулировка о проведении других работ, создающих необходимые условия для предотвращения деградации земель, дальнейшего использования земель по целевому назначению и разрешенному использованию и проведения биологических мероприятий. Безусловно к другим работам возможно отнести массу мероприятий по рекультивации, но все же имеется необходимость закрепления в законодательстве условий, при которых рекультивация проводится на месте (*in situ*) или вне места, то есть с изъятием почвы и грунта (*ex situ*). В общем случае при рекультивации подобных участков земли выполняется экскавация загрязненного слоя почвы и грунта, засыпка чистым грунтом и почвой с посевом многолетних трав. Загрязненный грунт и почвы транспортируются либо на объекты размещения отходов, либо на обезвреживание в специальных установках. Однако на практике случается так, что площадь и (или) глубина проникновения загрязнения очень глубока и экскавация почвы и грунта либо очень дорога, либо не возможна в силу условий местности (наличие построек, коммуникаций и т.д.).

При описании технологических решений по рекультивации земель, загрязненных опасными химическими веществами логично разделять технологии на *in situ* и *ex situ*.

К технологическим решениям *in situ* относят решения, которые можно реализовать по месту расположения объекта рекультивации. Эти технологические решения можно разделить на два направления. Первое направление охватывает инженерные решения, цель которых сводится к изоляции загрязняющих веществ за счет создания вокруг них ограждающего барьера или за счет отверждения фрагмента среды, содержащего загрязняющие вещества; второе направление объединяет технологические решения, позволяющие либо удалить из грунта и почвы загрязняющие вещества, либо их обезвредить.

Технология *ex situ* относится к технологическим решениям, которые обязательно включают два этапа:

1. извлечение (экскавация) грунта и почвы, подлежащего обработке;
2. обезвреживание загрязненного грунта и почвы с использованием соответствующей технологии.

Наиболее детально технологические решения, используемые для рекультивации земель, загрязненных опасными химическими веществами, представлены в отчете исследовательского проекта Департамента окружающей среды, продовольствия и сельского хозяйства Великобритании (Department for Environment, Food and Rural) (табл. 1).

Таблица 1 – Технологии рекультивации земель, загрязненных опасными химическими веществами [6]

№№	Технология	Краткое описание
In situ		
1	Метод химического окисления-восстановления	Метод включает распыление, инъекцию или другой способ внесения реагентов в толщу загрязненной почвы и грунтов с целью их смешивания с загрязненной почвой и грунтов, обеспечивающего деградацию загрязняющих веществ в результате окислительно восстановительных процессов.
2	Электрореабилитация	Электрокинетические методы очистки применяются для удаления тяжелых металлов, полярных органических веществ, содержащихся в почве.
3	Биореабилитация, интенсифицируемая окислительно восстановительными добавками	Метод предполагает использование микроорганизмов, способных перерабатывать загрязнители.
4	Промывка почв	Выведение загрязняющих веществ из почвы с помощью воды или водного раствора осуществляется путем подачи промывочной жидкости в почву методом инъекции.
5	Контролируемое природное самоочищение	Технология предполагает стимулирование естественных процессов самоочищения почв путем максимальной мобилизации внутренних ресурсов экосистем на восстановление своих первоначальных функций такими мероприятиями, как орошение, рыхление почвы, создание искусственного микрорельефа, внесение мелиорантов, посадка растений и т.д.
6	Установка проницаемых реакционных барьеров	Проницаемые реакционные барьеры устанавливаются по контуру загрязнения, обеспечивая пассивное прохождение водной составляющей раствора загрязняющего вещества. Такие ограждения пропускают воду и в то же время задерживают загрязняющие вещества. Одновременно с установкой ограждения внутри контура в загрязненную массу вносятся нейтрализующие и обезвреживающие агенты.
7	Фитореабилитация	Метод, основанный на способности живых растений экстрагировать, накапливать, хранить или разлагать некоторые органические и неорганические загрязняющие вещества в процессе поглощения

№№	Технология	Краткое описание
		воды и питательных веществ из загрязненной почвы.
8	Барботирование	Метод состоит в нагнетании воздуха (или другого газа) ниже уровня грунтовых вод с целью повысить летучесть загрязняющих веществ, а также способствовать их биодegradации в почве..
9	Отверждение/стабилизация	Физико-химический метод основан на реакции между связующим веществом и почвой с целью уменьшения мобильности загрязняющих веществ за счет их физического связывания или химической иммобилизации.
10	Продувка	Метод состоит в подаче воздуха в ненасыщенную зону с помощью инъекции через скважины, что вызывает удаление загрязнений
Ex situ		
11	Химическое окисление-восстановление	Метод предусматривает извлечение (экскавацию) загрязненных грунтов и смешивание их с реагентом в реакторе. В результате окислительно-восстановительных процессов происходит degradation загрязняющих веществ
12	Промывка почв	Промывка почвы при помощи воды и/или растворов химических веществ сопровождается уменьшением массы отходов, поскольку от общей массы почвы отделяется фракция, содержащая загрязняющие вещества в максимальной концентрации.
13	Термическая обработка	Термическая обработка почвы, донных отложений, отвалов и т.д. заключается в использовании тепла для разрушения органических и неорганических загрязняющих веществ и/или усиления подвижности их молекул с целью ускорения химических реакций обезвреживания.
14	Остекловывание	Основан на использовании очень высоких температур (обычно от 1400 до 2000 °С) для разложения органических загрязняющих веществ или иммобилизации неорганических загрязняющих веществ внутри стеклоподобных материалов. При остекловывании загрязненную почву помещают в футерованный контейнер с двумя или четырьмя графитовыми электродами. Электроды вводят в загрязненную почву, а на ее поверхность наносят материал-стартер (обычно графит или стеклографит). Далее на электроды подают электрический ток, и почва между ними начинает плавиться. После отключения тока почва охлаждается и остекловывается.

На рисунках 1 и 2 представлены некоторые упрощенные технологические схемы технологий рекультивации земель, загрязненных опасными химическими веществами.

Электрохимическая технология очистки основана на применении постоянного электрического тока к загрязненным водонасыщенным грунтам. При наложении электрического поля в грунте возникает целый ряд электрохимических и электроповерхностных процессов и явлений, таких как электроосмос, электрофорез, электролиз, электромиграция и т. д., в результате которых поллютанты передвигаются к одному из полюсов, либо разрушаются под действием тока. Скважины, устройства которых служат анодом и катодом, имеют специальную конструкцию и позволяют одновременно с электроосмотическим фильтратом извлекать содержащиеся в нем поллютанты.

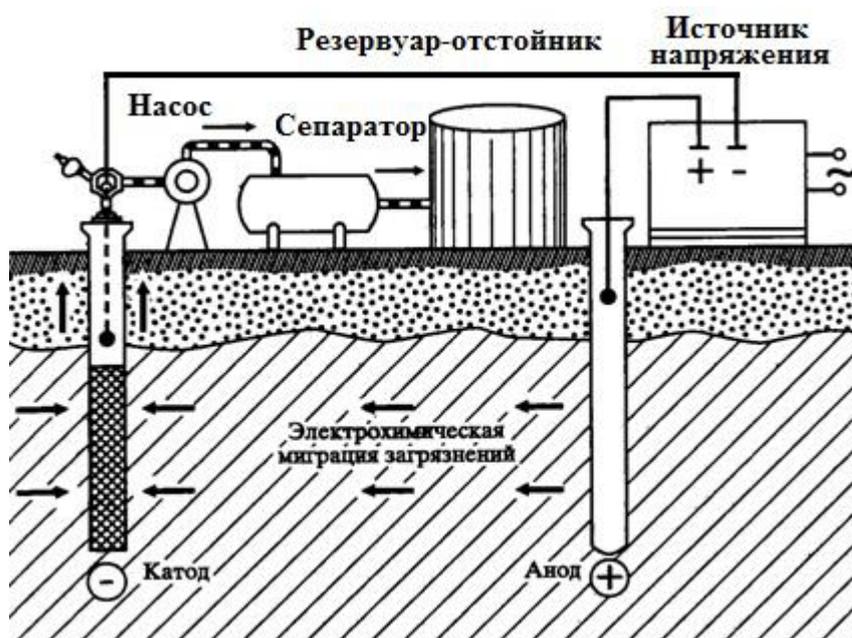


Рисунок 1 - схема электрохимической очистки водонасыщенных глинистых грунтов [7]

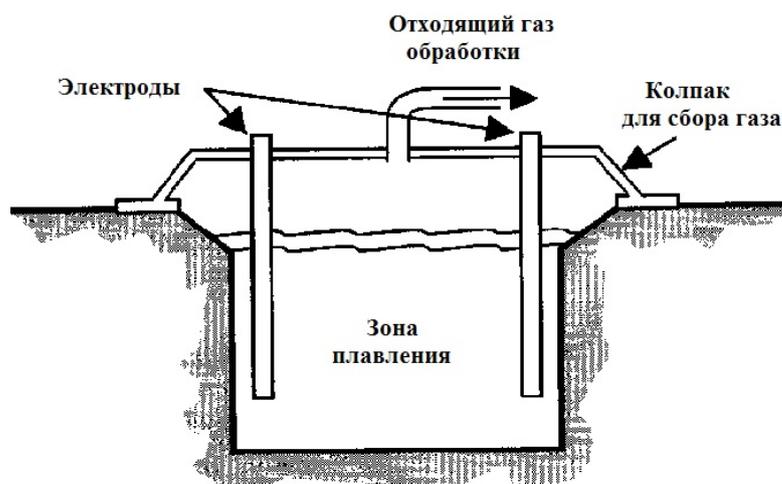


Рисунок 2 - Схема витрификации загрязненных почвогрунтов

Также в зарубежной практике для локализации загрязнения пестицидов, диоксинов, ртути, хрома, радионуклидов и стабилизации зон загрязнения часто применяют технология витрификации, т. е. остеклование грунта при высокой температуре [8]. Витрификация представляет собой процесс остеклования грунта при высокой температуре, при этом часть поллютантов разлагается, а часть стабилизируется.

Из представленного обзора видно, что разработано достаточно большое количество технологий для рекультивации земель, загрязненных опасными химическими веществами. Однако основной проблемой является выбор соответствующей технологии для локализации загрязнения в конкретном случае. Для решения этой проблемы необходимо разрабатывать соответствующие методические рекомендации и нормативные документы. Основной целью этих документов должно быть определение границ использования методов *in situ* и *ex situ*, а также стандартизация описания самих технологий рекультивации.

Список использованных источников

1. Мировая практика регулирования обращения химических веществ / Д.О. Скобелев, Н.М. Муратова, Е.В. Збитнева и др. – Москва: Ассоциация «НП КИЦ СНГ», 2016. – 275 с.
2. Информационная база государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде по состоянию на 13.12.2019 (<http://www.vniiecolology.ru/index.php/upravlenie-otkhodami/gosudarstvennyj-reestr-ob-ektov-nakoplennogo-vreda-kruzhayushchej-srede>). Дата обращения 25.02.2020 г.
3. Постановление Правительства РФ от 13.04.2017 N 445 «Об утверждении Правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде».
4. ГОСТ 17.5.1.01-83 Охрана природы (ССОП). Рекультивация земель. Термины и определения.
5. Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 N 800 «О проведении рекультивации и консервации земель» (вместе с «Правилами проведения рекультивации и консервации земель»).
6. Янин Е.П. Ремедиация территорий, загрязненных химическими элементами: общие подходы, правовые аспекты, основные способы (зарубежный опыт) // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2014, № 3, с. 3–105.
7. Королев В.А. Очистка грунтов от загрязнений - М.: Наука, 2001. -365 с.
8. Королев В.А., Некрасова М.А., Полищук С.Л. Геопургология: очистка геологической среды от загрязнений - М.: Геоинформмарк, 1997. - 47 с.

References

1. World practice of regulating the circulation of chemical substances / D. O. Skobelev, N. M. Muratova, E. V. Zbitneva, etc. - Moscow: Association "NP kits CIS", 2016. - 275 p.
2. Information base of the state register of objects of accumulated harm to the environment as of 13.12.2019 (<http://www.vniiecolology.ru/index.php/upravlenie-otkhodami/gosudarstvennyj-reestr-ob-ektov-nakoplennogo-vreda-okruzhayushchej-srede>). Date of access 25.02.2020 G.
3. Resolution of the Government of the Russian Federation of 13.04.2017 N 445 "on approval of the Rules for maintaining the state register of objects of accumulated environmental damage".
4. GOST 17.5.1.01-83 nature Protection (SSOP). Recultivation of lands. Terms and definitions.
5. Resolution of the Government of the Russian Federation of 10.07.2018 N 800 "on land reclamation and conservation" (together with the "Rules for land reclamation and conservation").
6. Yanin E. p. Remediation of territories contaminated with chemical elements: General approaches, legal aspects, main methods (foreign experience) // Problems of the environment and natural resources, 2014, no. 3, pp. 3-105.

7. Korolev V. A. Cleaning of soil from pollution-Moscow: Nauka, 2001. -365 p.
8. Korolev V. A., Nekrasova M. A., Polishchuk S. L. Geopurgology: cleaning the geological environment from pollution-Moscow: Geoinformmark, 1997. - 47 p.

УДК: 631.4; 631.6

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.10.48.036

ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТИ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЯХ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕСУРСА

Лентяева Е.А.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты оценки энергетического состояния почв Волгоградской области, выполненные на основе биоэнергетического подхода. Определен дефицит энергии преобладающих типов почв по гумусу и рассчитана потребность Волгоградской области в органических удобрениях для восстановления энергетического потенциала почв и, соответственно, плодородия.

Ключевые слова: биоэнергетический потенциал, гумус, почва, плодородие, производственный потенциал, энергия

ASSESSMENT OF THE SOILS NEED FOR ORGANIC FERTILIZERS TO RESTORE THEIR ENERGY RESOURCE IN THE VOLGOGRAD REGION

Lentyaeva E.A.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation , Moscow, Russia

Abstract. The article presents the results of assessing the energy state of soils in the Volgograd region, performed on the basis of a bioenergetic approach. The energy deficit of the prevailing types of soils on humus was determined and the need of the Volgograd region for organic fertilizers for restoring the energy potential of soils and, accordingly, fertility was calculated.

Keywords: bioenergetic potential, humus, soil, fertility, production potential, energy

Введение

В настоящее время на большинстве зональных почв России складывается ситуация, приводящая к развитию деградиционных процессов и, как следствие, снижению природно-ресурсного потенциала агроландшафтов за счет уменьшения энергетического ресурса почв, что приводит к потере валового сбора растениеводческой продукции.

Существенным показателем деградации является уменьшение органического вещества почвы, что напрямую приводит к изменению энергетического состояния почвы. Деградация почв связана как с недостаточным внесением органических удобрений, которые являются сырьем для процессов гумификации, так и минеральных удобрений, необходимых для роста и развития сельскохозяйственных растений. По данным Министерства сельского хозяйства в настоящее время наблюдается отрицательный баланс питательных веществ, их еже-

годный вынос из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур значительно превышает возврат с вносимыми минеральными, органическими удобрениями и растительными пожнивными остатками. В период с 2006 по 2011 год из почвы с урожаем было вынесено 55,8 млн. тонн питательных веществ, при этом внесено в почву только 25,66 млн. тонн, т.е. в 2 раза меньше. Отрицательный баланс питательных веществ за 6 лет составил 30,2 млн. тонн д.в. [1]. Все это привело к усилению минерализации и потери гумуса в почве.

Цель работы – повышение продукционного потенциала почв Волгоградской области за счет уменьшения дефицита биоэнергетического потенциала почвы путем внесения органических удобрений.

Характеристика объекта исследований

В Волгоградской области практически не сохранились естественные саморегулирующиеся ландшафты с исходным биологическим разнообразием, высокой продуктивностью травянистых фитоценозов и стабильным почвенным плодородием. Преобладающим деградационным процессом является эрозия почв, преимущественно в правобережье р. Волги и бассейне р. Дон, что обусловлено преобладанием здесь возвышенностей.

Ориентировочные величины среднего смыва составляют около 3-5 т/га практически во всех ландшафтных зонах области, за исключением плоских равнин Заволжья и части правобережья Волги южнее Ергеней, где они снижаются в среднем до долей единицы с гектара. В зоне обыкновенных и южных черноземов тяжелого гранулометрического состава годовые потери почвы составляют 1-6 т/га, темно-каштановых 4-10, каштановых 1-10 т/га. На легкосуглинистых разностях черноземов обыкновенных годовые потери мелкозема составляют 2-4 т/га, южных черноземов 4-6 (иногда до 10 т/га). Годовые потери легкосуглинистых почв темно-каштанового типа составляют 5-10, а тяжелосуглинистых 4-6 т/га; каштановых почв тяжелого гранулометрического состава 4-6, легкосуглинистых 6-8, супесчаных и песчаных 22-60 т/га. Некоторая солонцеватость светло-каштановых почв тяжелого гранулометрического состава повышает их устойчивость к выдуванию. Больше всего (15-40% площади) дефлированных почв в Котовском, Камышинском, Николаевском, Быковском, Кумылженском и Серафимовичском районах. От 10 до 15% площади дефлированные земли занимают в Урюпинском, Ольховском и Чернышковском районах, от 5 до 10% - в Жирновском, Даниловском, Иловлинском, Дубовском и Калачевском районах. На остальной территории области дефлированные земли занимают не более 1-5% площади.

В процессе хозяйственной деятельности и интенсивного природопользования в области, как и в других регионах страны, происходит разрушение почвенной структуры и уменьшение в почвах гумуса. При дефляции выдуваются как достаточно крупные, размером 0,25- 0,5 мм, агрегаты, содержащие гумуса примерно столько же, как и все остальные почвенные фракции, так и очень мелкие, порядка 0,1 мм, в которых гумуса содержится в 3-4,4 раза больше, чем в целом в почве. Вследствие влияния перечисленных факторов снижается содержание гумуса и плодородие почв области. Гумусное состояние пахотных

земель находится между оптимальным и критическим, лишь в обыкновенных черноземах пока еще относительно высокое содержание гумуса (таблица 1) [2].

Таблица 1- Гумусное состояние пахотных земель в % от общей площади

Почвенная подзона	Гумусное состояние почв		
	оптимальное	между оптимальным и критическим	критическое
Обыкновенных черноземов	68	20	12
Южных черноземов	16	75	9
Темно-каштановых почв	20	66	14
Каштановых почв	0	94	6
Светло-каштановых почв	0	94	6

Потери гумуса в пахотном слое почвы агролесомелиоративных районов области за период активного земледельческого освоения составили 0,96% (25,71 т/га), за последние 40 лет от 0,14 до 0,46% (4,00-12,13 т/га), в среднем по области 0,30% и 8,14 т/га (таблица 2) [2].

Таблица 2 – Потери гумуса в пахотной почве по регионам области (ВНИАЛМИ)

Агролесомелиоративный район	Потери гумуса в слое 0-22 см			
	за последние 40 лет		за период земледелия	
	%	т/га	%	т/га
Волго-Донской степной	0,46	12,14	1,61	42,50
Волго-Донской сухостепной	0,25	6,88	0,75	20,63
Заволжский сухостепной	0,18	4,95	0,45	12,78
Ергенинско-Сарпинский полупустынный	0,17	4,86	0,34	9,72
Заволжский полупустынный	0,14	4,00	0,28	6,01
Итого по области	0,30	8,14	0,96	25,71

Методика исследований

Исследования выполнены на базе методики определения биоэнергетического потенциала органического вещества почвы, позволяющей рассчитать биогенную энергию (биоэнергетический потенциал) любого органического вещества, исходя из его элементного состава на основе стехиометрии, закономерностей процессов биологического окисления и термодинамических законов,

В основу методики исследований положен подход определения биоэнергетического потенциала (БЭП) почвы по органическому веществу,

При известном элементном составе органического соединения, количество БЭП можно рассчитать по следующей формуле:

$$\text{БЭП} = 183\text{C} + 45,75\text{H} - 91,5\text{O} \text{ (кДж/моль)}, \quad (1)$$

где: С, Н и О – атомные доли или индексы элементов углерода, водорода и кислорода в молекуле органического субстрата.

Этот показатель определяет актуальную энергетическую функцию конкретной почвы и его продукционный потенциал для конкретных зональных почв.

По данной методике были рассчитаны биоэнергетические потенциалы лабильной части гумуса основных типов почв европейской части России (табл. 3) [3,4].

Таблица 3 - Биоэнергетический потенциал лабильной части почвенного гумуса различных типов почв [3,4]

Тип почвы	БЭП гуминовых кислот, кДж/т	БЭП фульвокислот,	Тип гумуса Сгк/Сфк	Доля фракционированного гумуса, %	БЭП фракционируемой части гумуса, кДж/т
Черноземы	8,98	7,14	1,5-2,5	70	5,80
Каштановые	8,98	7,14	1,5	60	4,95
Бурые пустынно-степные	8,98	7,14	0,8-1,0	60	4,80

Источник: с учетом данных Орлова, Кирейчевой, и др. [5,6,7].

Из таблицы следует, что потеря одной тонны гумуса для разных типов почв соответствует потере различного количества биогенной энергии от 4,80 ГДж/т для бурых пустынно-степных почв до 5,8 ГДж/т для черноземов. Следовательно, даже при равных вещественных потерях гумуса в процессе деградации, почвы теряют разное количество энергии и это следует учитывать при их восстановлении.

Оценка биоэнергетического потенциала почвенного гумуса выполнялась для преобладающих типов почв Волгоградской области. Зная оптимальное процентное содержание гумуса и объемный вес зональных почв и почв Волгоградской области, определялось количество гумуса в почвенном слое толщиной 20 см на гектар площади по формуле:

$$G_y = a \cdot G_y, \% \cdot H, \quad (2)$$

где: G_y - количество гумуса в расчетном слое, т/га; a - объемный вес почвы, г/см³; $G_y, \%$ - процентное содержание гумуса в почве, %; H – толщина расчетного слоя, см, в расчетах принималось $H = 20$ см.

Затем определялся дефицит биоэнергетического потенциала (Δ БЭП) зональных почв как разность между БЭП при оптимальном состоянии ($BЭП_{оп}$) и фактических показателях почв Волгоградской области ($BЭП_{ф}$):

$$\Delta\text{БЭП} = \text{БЭП}_{\text{оп}} - \text{БЭП}_{\text{ф}}, \text{ ГДж/га} \quad (3)$$

Рассчитав дефицит количества энергии $\Delta\text{БЭП}$, можно определить дозу внесения органических удобрений, торфа, сапропеля и др. органических веществ ($Y_{\text{орг}}$), необходимых для восстановления природного энергетического потенциала почвы, в зависимости от степени деградации, связанной с дегуминификацией:

$$Y_{\text{орг}} = \frac{\Delta\text{БЭП}}{\text{БЭП}_{\text{у}}}, \text{ т/га} \quad (4)$$

где: $\text{БЭП}_{\text{у}}$ - биоэнергетический потенциал органического удобрения, ГДж/т.

Однако следует учесть, что при сильной степени деградации, то есть при большом дефиците энергии по гумусу, не целесообразно вносить рекомендуемую дозу одновременно, а следует разбить восстановление почвы на несколько этапов (лет). Таким образом, учитывая длительность почвенных процессов формирования гумуса, будет осуществлен плавный и гарантированный переход почвы от сильной степени деградации к средней, от средней к слабой и от слабой до оптимального состояния. В качестве оптимальной единовременной дозы органического удобрения рекомендации принять 20 т/га.

Результаты и обсуждение

Выполненные согласно описанной выше методике расчеты представлены в таблицах 4-5.

Таблица 4 – Биоэнергетический потенциал зональных почв при их оптимальном состоянии и разной степени деградации (ГДж/га) в слое 0,2 м.

Тип и подтип почв	Содержание гумуса, т/га		БЭП, кДж/г или ГДж/т	БЭП, ГДж/га		ΔБЭП, ГДж/га	Количество органического удобрения, т с.в/га
	фактическое	оптимальное		фактическое	оптимальное		
Черноземы: обыкновенные	120	140	6	720	840	120	25,16
Черноземы: южные	86,4	133,4	5,9	509,76	787,06	277,3	58,13
Лугово-черноземные	80	176	5,9	472	1038,4	566,4	118,74
Темно-каштановые	60	96	4,95	297	475,2	178,2	37,36
Каштановые	40	72	4,5	180	324	144	30,19
Светло-каштановые	36	60	4,3	154,8	258	103,2	21,64

Из таблицы следует, что затраты энергии на восстановление почв будут разные, что связано с типом гумуса: соотношение гуминовых и фульвокислот. Наименьшее количество энергии при деградации по гумусу теряют черноземы обыкновенные - порядка 120 ГДж/га, однако у южных потери почти в 2,3 раза больше. Это свидетельствует о том, что затраты энергии на восстановлении

черноземных почв будут более значительны. Таким образом, в черноземах аккумулированная биогенная энергия находится в более «защищенном» состоянии и существенно теряется только при высоком уровне деградации. Для светло-каштановых почв потери по гумусу составляют 103 Гдж/га, что можно объяснить малым процентным содержанием гумуса и соответственно развитием процесса деградации по другим почвенным показателям (pH, NPK).

Расчеты показали, что в процессе деградации теряется значительное количество энергии практически для всех типов зональных почв, из которых самыми уязвимыми являются почвы черноземного типа, для восстановления их при сильной степени деградации потребуется внести почти 100 т/га органических удобрений. Причем даже при слабой степени деградации потребуется внести порядка 40 т/га.

При восстановлении деградированных почв необходимо не только восполнить дефицит органического углерода и питательных элементов, но самое главное, восстановить энергетическую функцию и обеспечить эволюционное развитие почвы. Учитывая, что гумусообразование относится к гетерогенным процессам и зависит от величины удельной поверхности или гранулометрического состава, то для воспроизводства почвенного плодородия необходимо создание прочной структуры почвы с минеральными матрицами глинистой фракции, что позволит повысить влагоемкость почвы и будет способствовать закреплению биогенных элементов. Важнейшая роль принадлежит органическому материалу, как источнику потенциальной энергии. При подборе органического вещества необходимо учитывать показатель кислотности, оптимальное значение которого составляет 6,5-7,5, так как при большей кислотности теряется часть гуминовых веществ и угнетается полезная микрофлора, в более щелочной среде часть фосфора переходит в недоступные для растения формы. Для трансформации органических веществ в гумусовые вещества требуется активизация микробиологических процессов. А это требует разработки специальных органоминеральных удобрений, обладающих всеми вышеперечисленными свойствами [8].

Для зональных типов почв Волгоградской области выполнен расчет дозы внесения наиболее распространенного органического удобрения - компоста на основе навоза крупного рогатого скота (КРС), в котором содержится до 60% органического вещества и биоэнергетический потенциал сухого вещества составляет 4,77 ГДж/т (табл. 5).

Для оценки необходимых объемов внесения органических удобрений для Волгоградской области выполнен расчет необходимого количества органического удобрения до полного восстановления энергетического ресурса почвы с учетом преобладающих типов почв (таблица 6).

2. Иванов А.Л., Кулик К.Н. система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года. Волгоград. – 2009. -302 с.
3. Хохлова О.Б. Повышение плодородия малопродуктивных и деградированных почв удобрительно-мелиорирующими смесями на основе сапропелей. Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. Москва, 2007. 302 с.
4. Орлов Д.С. Химия почв. Издательство: МГУ, 1985. 376 с.
5. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. – 254 с.
6. Кирейчева Л.В., Хохлова О.Б. Повышение плодородия почв на основе внесения сапропелей // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2005. № 5. С. 37-39.
7. Кирейчева Л.В., Яшин В.М. Эффективность применения органоминеральных удобрений на основе сапропеля // Агрохимический вестник.- 2015.- №2. -С. 37-40.
8. Кирейчева Л.В., Лентяева Е.А. Восстановление антропогенно-деградированных почв земель сельскохозяйственного назначения // Агрохимический вестник. 2016. Т.5. № 5. -С. 2-6.

References

1. Report on the state and use of agricultural land in the Russian Federation in 2015. Ministry of agriculture of the Russian Federation. Moscow-2017. - 198 p.
2. Ivanov A. L., Kulik K. N. system of adaptive landscape agriculture of the Volgograd region for the period up to 2015. Volgograd. - 2009. -302 p.
3. Khokhlova O. B. Increasing the fertility of unproductive and degraded soils with fertilizer-reclamation mixtures based on sapropels. Dissertation for the degree of doctor of agricultural Sciences / all-Russian research Institute of hydrotechnics and melioration named after A. N. Kostyakov. Moscow, 2007. 302 p.
4. Orlov D. S. soil Chemistry. Publisher: Moscow state University, 1985. 376 p.
5. Orlov D. S., Biryukova O. N., Sukhanova N. I. Organic matter of soils of the Russian Federation. Moscow: Nauka, 1996, 254 p.
6. Kireicheva L. V., Khokhlova O. B. Increasing soil fertility based on the introduction of sapropels // Bulletin of Russian agricultural science. 2005. no. 5. Pp. 37-39.
7. Kireicheva L. V., Yashin V. M. Effectiveness of ORGANOMETALLIC fertilizers based on sapropel // Agrochemical Bulletin.- 2015. - №2. - P. 37-40.
8. Kireicheva L. V., Lentyaeva E. A. Restoration of anthropogenic-degraded soils of agricultural land // Agrochemical Bulletin. 2016. Vol. 5. No. 5. - P. 2-6.

УДК 636.086.3

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.39.18.037

ОРОШЕНИЕ – ВАЖНЫЙ ФАКТОР В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

Максименко В.П., Волчкова Т.Л.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены потенциальные возможности культуры по формированию биологической массы на фоне поддержания устойчивой влажности почвы. Приведены данные многофакторного эксперимента и анализ отклика культуры на минеральные удобрения и агротехнику возделывания на фоне орошения дождеванием. Для этого использована методология вычленения единичного фактора и его влияния на количественные показатели динамики формирования биоценоза. Показано, что увеличение дозы внесения минеральных

ральных удобрений не всегда адекватно отклику растения и что определяющая роль в первые годы ее возделывания принадлежит нормам и схемам высева семян, от которых зависит плотность травостоя.

Ключевые слова: галега восточная, агротехника, нормы и схемы высева семян, дозы минеральных удобрений, аналитический анализ

IRRIGATION IS AN IMPORTANT FACTOR IN INCREASING THE GALEGA EASTERN PRODUCTIVITY

Maximenko, V. P., Volchkova T. L.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

Abstract. *The article considers the potential of culture for the formation of biological mass against the background of maintaining stable soil moisture. The data of a multifactor experiment and analytical analysis of the response of the crop to mineral fertilizers and agricultural techniques for cultivating it under sprinkling irrigation are presented. To do this, we used the methodology of isolating a single factor and its influence on the quantitative indicators of the dynamics of the formation of biocenosis. It is shown that increasing the dose of mineral fertilizers is not always adequate to the response of the plant and that the determining role in the first years of its cultivation belongs to the norms and patterns of sowing seeds, on which the density of the herbage depends.*

Keywords: *East Galega, agricultural techniques, norms and patterns of sowing seeds, doses of mineral fertilizers, analytical analysis*

Эффективность растениеводческого производства зависит от многих факторов, но определяющим всегда остается сельскохозяйственная культура, преобразующая приходящую энергию в другие формы, доступные и необходимые для использования человеком. При этом количественная ее часть определяется обеспеченностью растения в процессе развития необходимыми биофильными элементами, водой и другими компонентами фотосинтеза. Одним из ярких представителей многолетних бобовых культур, обеспечивающих необходимое производство кормов и формирование плодородия почв, является галега восточная (*Galega orientalis* Lam.).

На сегодня возможность выращивания культуры доказана исследованиями, проведенными в различных природных зонах России [1]. Получены уникальные результаты, подтверждающие ее преимущество перед другими бобовыми культурами при формировании биологической массы, часть которой используется как высококачественный корм для животных, а часть, включающая опад и корневую систему растения, как биологический ресурс, идущий на повышение плодородия почв мелиорируемых земель.

Галега восточная или козлятник восточный обеспечивает формирование нескольких урожаев в год ценного корма с высоким содержанием протеина и способствует восстановлению плодородия почв. Эта культура является одной из ведущих бобовых многолетних трав, включаемых в сельскохозяйственное производство. В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, числится девять сортов этой культуры. В результате

проведенных научных исследований галега восточная получила распространение на территории страны, определено ее влияние на плодородие почв.

Галега восточная по сравнению с другими видами бобовых культур обладает рядом свойств, присущих только этому растению, такими как раннее отрастание побегов весной (со второго года жизни), высокая зимостойкость и достаточная холодостойкость (осенью не прекращает вегетацию до наступления отрицательных температур, молодые всходы не повреждаются весенними заморозками). Высокое содержание пластических веществ в зимующей корневой системе обуславливает их морозостойкость, обеспечивая в 1-й год жизни успешную перезимовку за счет возможности образования полноценных почек возобновления и корневых отпрысков. Хорошо развитые посевы на территории степных регионов не вымерзают даже в суровые бесснежные зимы. Культура является растением светолюбивым. Особенно чувствительна в первый год жизни при негативном воздействии затенения от сорняков. Это связано с тем, что после появления всходов надземная часть растения развивается медленно, так как в это время более интенсивно формируется ее корневая система. В последующие периоды развития растения конкурентов за место под солнцем у культуры практически нет, так как при равных условиях обеспечения посевов солнечной энергией у галеги восточной, за счет хорошо развитой корневой системы, идет интенсивное накопление надземной массы, происходит вытеснение сорняков. Вместе с тем имеется опыт выращивания культуры с первого года жизни под покровом других культур [2].

Состав почв и наличие в них элементов минерального питания, их плодородие играют особую роль в первый год возделывания галеги восточной. Лучшими почвами для возделывания этой культуры являются супесчаные и легкие суглинистые, а также достаточно увлажненные тяжелые почвы. Хорошими почвами для галеги считаются черноземы, каштановые, серые лесные, дерново-подзолистые, мелиорированные торфяники и порой выработанные торфяники.

Растение относится к мезофитам, предпочитает достаточное увлажнение, выращивание галеги восточной возможно на пойменных землях и осушенных торфяниках. Недостаток влаги и снижение температуры воздуха приводят к увеличению периода отрастания зеленой массы, влияют не только на урожай зеленой массы, но и на накопление питательных веществ. Наблюдения, проведенные Ярославской сельскохозяйственной академией в условиях Нечерноземной зоны, показали, что агрометеорологические условия оказывают влияние на урожайность зеленой массы многолетних бобовых трав. Урожайность галеги восточной при достаточной обеспеченности влагой по мере повышения среднемесячной температуры повысилась в 5 раз [2].

В условиях неустойчивого и недостаточного естественного увлажнения при возделывании галеги восточной рекомендуется такой эффективный мелиоративный прием, как орошение. Культура весьма отзывчива на полив, особенно предпосевной и послеуборочный. При орошении происходит быстрое отрастание отавы и формирование более высокого урожая зеленой массы и семян [1- 4].

Орошение, как мелиоративный прием, способствует повышению продуктивности посевов культуры. Проведенными исследованиями в сухостепной,

степной, лесной и южно-таежной зонах было показано, что с увеличением напряженности условий по влагообеспечению возрастает роль дополнительного увлажнения почвы с целью получения планируемой урожайности галеги восточной [1]. Например, в условиях юга Западной Сибири поддержание влажности почвы на уровне 70...75% от наименьшей влагоемкости (НВ) в слое активного влагообмена обеспечивало устойчивую продуктивность посевов культуры. При регулировании влажности с использованием дождевальной машины «Кубань-ЛК» продуктивность посевов галеги восточной в первый год жизни могла быть более 20, во второй – более 40, а на третий и последующие годы - формировалась более 65-70 т/га зеленой массы с содержанием 150...180 г переваримого протеина на 1 к. е.

В условиях сухостепной зоны Саратовского Заволжья устойчивая продуктивность сельскохозяйственных культур, особенно многолетних бобовых трав, может быть достигнута лишь при регулярном орошении. В результате проведенных полевых и научных исследований, в этом регионе для получения гарантированных урожаев многолетней бобовой культуры (галеги восточной) на темно-каштановых почвах рекомендован режим орошения при поддержании влажности почвы в расчетном слое 0,6 м более 80% НВ (1-й год жизни) и для последующих лет возделывания – при поддержании влажности почвы (слой 0,8 м) в пределах 50%...80% НВ. Снижение предполивного порога влажности активного слоя почвы на посевах галеги восточной до 50% НВ (1-й укос) позволяет максимально использовать весенние влагозапасы почвы, сокращает долю использования поливной воды в структуре суммарного водопотребления, увеличивает долю потребления атмосферных осадков [7].

Многофакторные исследования по установлению эффективности орошения галеги восточной осуществлялись в течение длительного времени ВНИИОЗ на орошаемых светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. Исследования культуры по биологическим, хозяйственным, а также адаптивным свойствам позволили выделить ее как перспективную культуру по увеличению продуктивности пашни, кормовой насыщенности (энергетической и протеиновой), восстановлению плодородия орошаемой почвы, по продуктивному долголетию, устойчивости к неблагоприятным факторам и кормовой ценности. Использование этих многолетних трав в сочетании с традиционными для региона травами позволит увеличить объемы высококачественных кормов, эффективно использовать орошаемые площади, повысить воспроизводство почвенного плодородия [4].

В условиях Волгоградской области орошение осуществлялось дождеванием с использованием дождевальных машин «Мини-Кубань» и «Мини-Кубань ФШ». Оптимальными условиями для роста и развития галеги восточной была влажность почвы от 75 до 90% НВ. Суммарное испарение в год посева в среднем составляло 4,2 тыс. м³/га, на посевах 2-4-х годов при формировании 60...90 т/га зеленой массы суммарный расход влаги увеличился до 5,5...5,8 тыс. м³/га. В результате проведенных исследований авторами сделан основной вывод о том, что галега восточная является перспективной культурой для возделывания на орошаемых землях этого региона. Введение этой ценной

кормовой культуры в кормопроизводство в условиях орошаемого земледелия будет способствовать скорейшему решению проблемы обеспечения животноводства высокобелковыми кормами и восстановлению почвенного плодородия [11].

Рассматривая вопрос об эффективности использования культуры для целей создания кормовой базы животноводства, необходимо учитывать и отзывчивость ее на минеральные удобрения и агротехнику возделывания, от которых существенно зависит формирование биологической массы. С целью изучения количественных характеристик отзывчивости культуры на эти факторы был заложен многофакторный эксперимент на орошаемых южных черноземах юга Западной Сибири [5,6]. Расчет основной дозы удобрения был осуществлен балансовым методом по дефициту содержания азота, фосфора и калия в слое почвы 0-0,3 м на проектируемую урожайность люцерны в 60 т/га зеленой массы. Выбор люцерны, как аналога, был обусловлен тем, что на тот момент отсутствовали данные об эффективности минеральных удобрений при орошении галлеги восточной в конкретных почвенно-климатических условиях. В связи с тем, что отзывчивость культуры на удобрения будет отличаться от люцерны, было принято еще по два варианта в сторону убывания и увеличения доз удобрений от расчетного с предположением, что наиболее эффективный вариант будет находиться в пределах крайних значений принятых доз удобрений. Для контроля один вариант был заложен без удобрений на сформировавшемся фоне плодородия почвы на участке. Таким образом, эксперимент включал шесть вариантов по удобрениям: I – без удобрений; II – N₅₀ P₉₀ K₄₅; III – N₉₀ P₁₇₀ K₈₀; IV – N₁₂₀ P₂₄₀ K₁₀₅; V – N₁₄₀ P₃₀₀ K₁₂₀ и VI – N₁₅₀ P₃₅₀ K₁₂₅ действующего вещества, кг/га. Опыт носил экспериментально-производственный характер и был заложен в соответствии с методикой Б.А. Доспехова [12].

В связи с тем, что многими исследователями отмечается существенная зависимость продуктивности посевов культуры от нормы и схемы высева семян, изучение этого фактора было осуществлено на четырех вариантах: **1** – L = 0,74 м и M = 8 кг/га; **2** – L = 0,45 м и M = 12 кг/га; **3** – L = 0,60 м и M = 16 кг/га и L = 0,24 м и M = 20 кг/га (где L – расстояние между рядками и M – килограмм скарифицированных семян на гектар). Осредненные результаты эксперимента представлены на рисунке. Чтобы установить отклик растений на дозу вносимых удобрений и убрать влияние погодных условий и временной фактор развития растений, абсолютные значения его биологической массы представили, как относительные величины, полученные от деления урожайности на каждом варианте на урожайность на контроле:

$$\eta = Y_i / Y_{б/уд},$$

где: Y_i – биологическая масса культуры на вариантах внесения минеральных удобрений, кг/м²; $Y_{б/уд}$ – биологическая масса культуры на варианте без удобрений, кг/м².

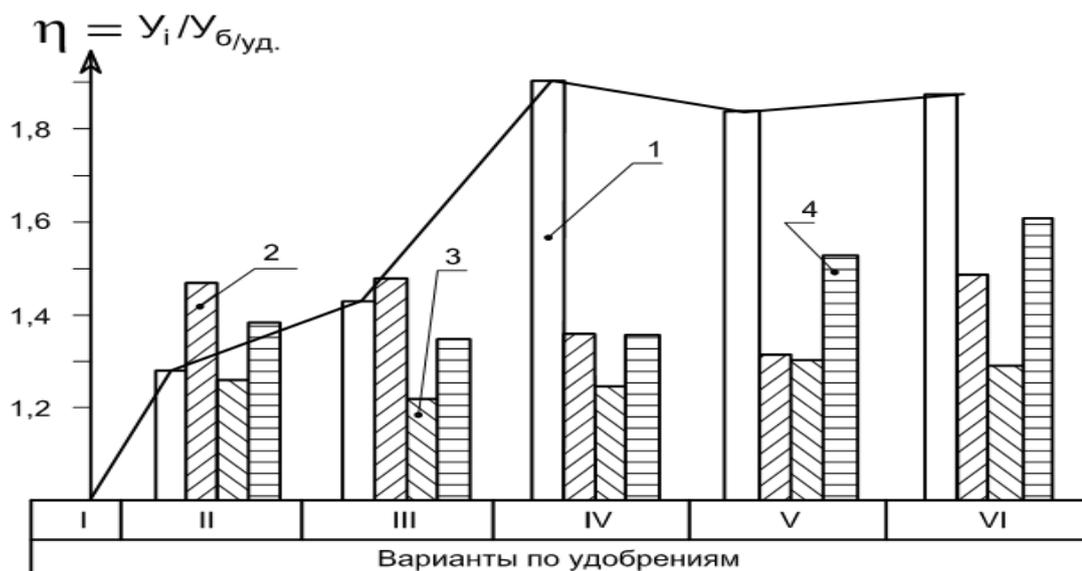


Рисунок – Отклик культуры на внесение удобрений под основную обработку почвы на орошаемом участке:

I, II, III, IV, V и VI – варианты опыта по дозам внесения удобрений;
1, 2, 3 и 4 – варианты опыта по нормам и схемам высева семян

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что в условиях региона культура отзывчива на внесение минеральных удобрений, нормы и схемы высева семян. Например, при разреженной схеме (рисунок, вариант 1) высева семян увеличение урожайности возрастает с увеличением дозы удобрений до $N_{120} P_{240} K_{105}$ (вариант IV). При дальнейшем увеличении – накопление биологической массы не происходит, свидетельствуя о том, что доза удобрений в четвертом варианте является верхним пределом, при котором культура может обеспечить максимальную урожайность. С загущением посевов (рисунок, варианты 2, 3 и 4) картина накопления биологической массы культуры с увеличением дозы удобрений претерпевает определенные изменения. Судя по отклику культуры на удобрения (рисунок), можно сделать вывод о том, что ее вполне устраивает стартовая доза - $N_{50} P_{90} K_{45}$, так как дальнейшее увеличение удобрений не обеспечивает соответствующий отклик культуры на увеличение минерального питания. Учитывая такое распределение данных, можно однозначно утверждать, что такие показатели по приросту биологической массы не будут адекватно соответствовать увеличению показателя затрат минеральных удобрений на единицу прироста урожайности. Сравнивая варианты по нормам и схемам высева семян, отмечается сохранение тренда увеличения интенсивности прироста биологической массы в вариантах 2, 3 и 4 при дозе минеральных удобрений, равной $N_{50} P_{90} K_{45}$. Но при этом на этих вариантах имеет место параллельное увеличение продуктивности культуры и на варианте без удобрений, соответственно, на 50, 70 и 90% к контролю на варианте 1. Усреднив значения (η) по вариантам норм и схем высева семян, включая и контрольные варианты, получили следующие соотношения:

Вариант	1	2	3	4
Осредненный показатель, (η)	1,552	2,053	2,035	2,672

Такое распределение показателя свидетельствует о том, что разреженные посевы культуры в условиях орошения имеют низкую продуктивность по сравнению с загущенными. Так увеличение нормы высева семян до 20 кг/га и при схеме высева 0,24 м в первые годы жизни растения способствует увеличению урожайности галеги восточной. В условиях эксперимента зафиксирован прирост продуктивности посевов галеги восточной по сравнению с разреженными в среднем на 70%.

Заключение

Ориентируясь на полученные результаты, можно отметить, что для получения высоких и стабильных урожаев галеги восточной в условиях неустойчивого и недостаточного увлажнения, а порой и низкого почвенного плодородия, одним из важнейших приемов являются гидромелиорации, подкрепленные обоснованными агротехнологиями.

Учитывая, что значительная часть земель, находящихся сегодня в производственном обороте, имеет низкий уровень плодородия, галега восточная, обладающая потенциальными возможностями более интенсивного накопления биологической массы, по сравнению с традиционными культурами, и обеспечения последующих культур севооборотов доступными элементами питания, защиты почв от эрозии, сохранения и улучшения почвенного плодородия может быть перспективной культурой для возделывания на землях, расположенных в условиях Нечерноземной зоны РФ, Центрально-Черноземной зоны РФ, Саратовского Заволжья, Волгоградской области, юга Западной Сибири.

Список использованных источников

1. Максименко В.П., Шевченко В.А., Бондаренко А.Н., Волчкова Т.Л. Потенциальные возможности галеги восточной: монография. - М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2018. - 172 с.
2. Головня А.И., Разумейко Н.И. Продуктивность козлятника восточного и его травосмесей на дерново-подзолистой супесчаной почве // Кормопроизводство. - 2013. - № 2. – С. 6.
3. Сабиров Р.А., Сабирова Т.П., Малинина А.М. Козлятник восточный – многоукосная и долготелая культура // Кормопроизводство. - 2005. - № 10. – С. 16-20.
4. Дронова Т.Н., Молоканцева Е.И. Козлятник восточный на орошаемых землях // Вопросы мелиорации. - 2008. - № 5-6. – С. 52 – 61.
5. Шумаков Б.Б., Максименко В.П., Бондаренко А.Н. Выращивание козлятника восточного при орошении в условиях Северного Казахстана // Аграрная наука. -1993. - № 5. – С. 45.
6. Бондаренко А.Н. Технология возделывания козлятника восточного при орошении // Автореферат дисс. на соиск. уч. степени к.с.-х.н. – М.: ВНИИГиМ, 1995. - 21 с.
7. Прокопец Р.В. Водосберегающие режимы орошения козлятника восточного на темнокаштановых почвах Саратовского Заволжья // Автореферат дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. по специальности – 06.01.02 / ФГОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова» – Саратов: Саратовский ЦНТИ, 2003. – 21 с.
8. Дронова Т.Н. Клевер луговой на орошаемых землях Нижнего Поволжья. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2004. – 186 с. – ISBN 5-855534- 968-3.

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-ое изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

References

1. Maximenko V. P., Shevchenko V. A., Bondarenko A. N., Volchkova T. L. Potentials of Galega East: monograph. - Moscow: FSBSI "VNIIG im. A. N. Kostyakov", 2018. - 172 p.
2. Golovnya A. I., Razumeiko N. I. Productivity of Eastern goat's-rue and its grass mixtures on soddy-gley sabulous soil // Feed production. - 2013. - no. 2. - P. 6.
3. Sabirov R. A., Sabirova T. P., Malinina A.M. Eastern goat's-rue – multi-axis and long-term culture // Feed production. - 2005. - № 10. - P. 16-20.
4. Dronova T. N., Molokantseva E. I. Eastern goat's-rue on irrigated lands // Land reclamation issues. - 2008. - № 5-6. - P. 52-61.
5. Shumakov, B. B., Maximenko, V. P., Bondarenko, A. N. Growing Eastern goat's-rue under irrigation in the conditions of Northern Kazakhstan // Agricultural science. -1993. - no. 5. - P. 45.
6. Bondarenko A. N. Technology of cultivation of Eastern goat's-rue during irrigation // Abstract of dissertation for the degree of candidate of agricultural science. - M.: VNIIG im. A. N. Kostyakov, 1995. - 21 p.
7. Prokopets R. V. Water saving modes of irrigation of water-bearing goat's-rue on dark chestnut soils of the Saratov Zavolzhye // Abstract of dissertation for the degree of candidate of agricultural Sciences – FSUE VPO " Saratov state agrarian University named after N. I. Vavilov". Saratov, 2005, 21 p.
8. Dronova T. N. Meadow clover on irrigated lands of the Lower Volga Region. Volgograd: Volga Publishing house, 2004. - 186 p – - ISBN 5-855534-968-3.
9. Dospekhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). - 5th ed., add. and revised. - M.: Agropromizdat, 1985. - 351 p.

УДК: 631.61:633.39

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.51.63.038

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ АМАРАНТА МЕТЕЛЬЧАТОГО НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ КАЛМЫКИИ

Манджиева Т.Н.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Калмыцкий филиал, г. Элиста, Россия

Аннотация. В статье обсуждаются результаты исследований, проведенных на территории КФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Элиста, Республика Калмыкия. Урожайность амаранта метельчатого варьировала от 0,387 до 1,943 кг/м² надземной массы (в.с.в.). Густота травостоя достигала в зависимости от вариантов опыта – 480...1235 шт./м².

Ключевые слова: амарант метельчатый, урожайность, густота травостоя, всхожесть

CULTIVATION OF AMARANTHUS PANICULATUS ON SALINE SOILS OF KALMYKIA

Mandzhieva T.N.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Kalmykia branch, Elista, Russia

Abstract. the article discusses the results of research conducted on the territory of the Federal State Budgetary scientific institution “All-Russian hydraulic and melioration research institute named after A.N. Kostyakov”, Kalmykia branch. The yield of *Amaranthus paniculatus* varied from 0.387 to 1.943 kg/m² of aboveground mass (V. S. V.). the Density of herbage reached 480...1235 PCs/m² depending on the variants of the experiment.

Keywords: *Amaranthus paniculatus*, yield, herbage density, germination

Республика Калмыкия в силу своего географического положения характеризуется сильно засушливым климатом и низким плодородием почв. Климат на данной территории резко континентальный: лето жаркое и сухое, зима - малоснежная. Юг республики обычно характеризуется бесснежными зимами. Сухость климата передвигается с северо-запада (осадков 300-400 мм/год) на юго-восток (170-200 мм). Вегетационный период в среднем составляет 140-213 дней, летом бывают до 120 суховейных дней.

Значительную часть земельного фонда Республики Калмыкии составляют солонцеватые каштановые и бурые полупустынные почвы и их комплексы. Эти почвы характеризуются слабой гумусированностью, содержат соли, которые снижают продуктивность земель. Солонцеватость данных почв обусловлена быстрым разложением растительного опада и его минерализацией, которые приводят к накоплению большого количества солей щелочных металлов. Возможность выращивания культуры на засоленных землях определяется концентрацией солей в корнеобитаемой зоне и их химическим составом, биологическими особенностями растения и метеорологическими факторами. Одной из перспективных солеустойчивых культур для возделывания на территории республики является амарант метельчатый [1,2,3].

В связи с этим была проведена работа по посеву данной культуры на землях Калмыкии. Опыты проводили на территории Калмыцкого филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова». Был проведен отбор почвенных образцов из скважин и определена минерализация. Типы засоления варьируют по профилю от хлоридно-сульфатного до сульфатного (табл. 1)

Схема полевого опыта включала три варианта: вариант I – амарант бордовый (*Amaranthus paniculatus*); вариант II – амарант зеленый (*Amaranthus cruentus*); вариант III – амарант бронзовый (*Amaranthus paniculatus*). Опыт был заложен методом организованных повторений, который включал делянки с полным набором всех вариантов схемы. Повторность опытов пятикратная. Площадь делянок для каждого сорта 15 м².

Посев был совершен 14.05.2018 г. нормой 0,2-0,3 г всхожих семян на 1 м² на глубину 2-3 см, рядовым способом, расстояние междурядий - 30 см. Перед посевом провели основную обработку почвы, боронование, влагозарядковый полив нормой 300 м³/га, предпосевное и послепосевное прикатывание почвы. В процессе вегетации растений почва содержалась в рыхлом и чистом от сорняков состоянии, растения неоднократно прореживались.

По данному опыту всходы амаранта появились раньше у бордового и зеленого сортов (22.05), чем у бронзового (28.05). К концу июня растения амаранта метельчатого достигли полной фазы стеблевания, о чем свидетельствуют биометрические показатели (табл.2).

Таблица 1 - Содержание воднорастворимых солей в изучаемой почве

Глубина	HCO_3^- МГ-ЭКВ %	Cl^- МГ-ЭКВ %	SO_4^{2-} МГ-ЭКВ %	Ca^{2+} МГ-ЭКВ %	Mg^{2+} МГ-ЭКВ %	Na^+ МГ-ЭКВ %	Сумма солей %	Плотный остаток %	pH
0-10	<u>1,00</u> 0,061	<u>0,40</u> 0,014	<u>0,75</u> 0,036	<u>0,50</u> 0,010	<u>0,25</u> 0,003	<u>1,40</u> 0,032	0,156	0,170	7,2
10-20	<u>0,90</u> 0,055	<u>0,40</u> 0,014	<u>0,50</u> 0,024	<u>0,50</u> 0,010	<u>0,25</u> 0,003	<u>1,05</u> 0,024	0,130	0,142	7,1
20-30	<u>0,90</u> 0,055	<u>0,30</u> 0,011	<u>0,75</u> 0,036	<u>0,75</u> 0,015	<u>0,25</u> 0,003	<u>0,95</u> 0,022	0,142	0,155	7,1
30-40	<u>0,90</u> 0,055	<u>0,40</u> 0,014	<u>1,50</u> 0,072	<u>0,75</u> 0,015	<u>0,25</u> 0,003	<u>1,80</u> 0,041	0,200	0,218	7,4
40-100	<u>0,83</u> 0,051	<u>0,42</u> 0,015	<u>3,71</u> 0,178	<u>1,21</u> 0,024	<u>0,50</u> 0,006	<u>3,25</u> 0,075	0,349	0,380	7,8

Развитие растений амаранта зеленого и бордового значительно отстает от растений амаранта бронзового. Густота травостоя достигала в зависимости от вариантов опыта – 480...1235 шт./м². Надземную массу амаранта убирали в фазу выметывания, делая срез выше второго яруса листьев (табл. 3).

Таблица 2 - Биометрические показатели и структура урожайности амаранта метельчатого в зависимости от сорта

Сорт амаранта	Показатели				
	Высота стебля, см	Длина метелки, см	Вес зерен с 1 метелки, г	Масса 1000 семян, г	Кол-во растений на 1 м ² , шт.
Бордовый	75,20	26,00	1,65	0,50	178
Зеленый	86,40	24,00	3,40	0,65	101
Бронзовый	91,80	20,00	3,80	0,70	65

Таблица 3 - Полевая всхожесть и продуктивность амаранта метельчатого, в зависимости от сорта растения

Варианты опыта (сорт амаранта)	Норма высева г/м ² (шт.)	Количество проросших растений, шт.	Всхожесть, %	Продуктивность, г (в.с.в.)			
				с 1 растения		на 1 м ²	
				семена	листья	семена	листья
Бордовый	0,1 (220)	178	81	1,83	2,25	313,5	386,7
Зеленый	0,1 (135)	101	75	3,37	8,45	332,0	833,9
Бронзовый	0,1 (170)	70	41	3,76	29,10	250,5	1943,5

Таким образом, по результатам исследования можно сказать, что в условиях засоления почвы амарант метельчатый формирует урожай от 0,387 до 1,943 кг/м² абсолютно сухого вещества (а.с.в.). Но эта культура в начале вегетационного периода очень требовательна к водному режиму почвы. При недостаточной влагообеспеченности период всходов затягивается, растения растут медленно, а отставание в росте и наборе биомассы невозможно исправить улучшением водного режима в дальнейшем. Требователен амарант и к обеспеченности питательными элементами и гумусированности почвы. Недостаток воды в условиях равной засоленности приводит к недобору одной трети надземной массы.

Следовательно, в условиях снижения кормовой продуктивности засоленных почв Калмыкии амарант метельчатый может повысить эффективность кормопроизводства и стать источником белка в корме для животных.

Позитивные процессы накопления подземной и нарастания надземной массы позволяют амарантовому агроценозу в процессе своего функционирования восстанавливать плодородие деградированной засоленной почвы [4,5,6].

Исключительная засухоустойчивость и солевыносливость, высокая продуктивность и хорошие кормовые качества амаранта метельчатого делают эту культуру наиболее перспективной для получения гарантированного урожая в условиях орошения на территории Республики Калмыкия.

Список использованных источников

1. Бородычев, В.В. Агротехнологические приемы возделывания *Amaranthus paniculatus* на орошаемых землях Калмыкии/ В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, А.В. Даваев // Научная жизнь. – 2018. – №9. – С. 67-79.
2. Дедова, Э.Б. Кормовые культуры на мелиорированных землях Республики Калмыкия: монография / Э.Б. Дедова, А.В. Даваев. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2015. – 196 с.
3. Дубенок, Н.Н. Фитомелиоративная роль культур-освоителей засоленных земель Калмыкии / Н.Н. Дубенок, Э.Б. Дедова, С.Б. Адьяев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. №6. С. 22-25.
4. Манджиева, Т.Н. *Amaranthus paniculatus* на засоленных почвах Республики Калмыкия / Т.Н. Манджиева // В сборнике: Проблемы развития сельскохозяйственных мелиораций и водохозяйственного комплекса на базе цифровых технологий. Материалы Международной научно-практической конференции. – Издательство: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» – 2019. – С. 192-196.
5. Манджиева, Т.Н. Исследование солеустойчивости амаранта метельчатого в лабораторных условиях (*Amaranthus paniculatus*) / Т.Н. Манджиева, В.И. Иванова // В сборнике: Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. IV Международная научно-практическая интернет-конференция. ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук». с. Соленое Займище. – 2019. – С. 142-146
6. Манджиева, Т.Н. Возделывание нетрадиционной культуры фитомелиоративного действия - амаранта метельчатого в условиях засоленных бурых полупустынных почв / Т.Н. Манджиева // В сборнике: Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. II Международная научно-практическая интернет-конференция. ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». с. Соленое Займище. – 2017. – С. 335-336.

References

1. Borodychev, V.V. Agrotechnological methods of cultivation of *Amaranthus paniculatus* on irrigated lands of Kalmykia / V.V. Borodychev, E.B. Dedova, A.V. Davaev // Scientific life. - 2018. - No. 9. - P. 67-79.
2. Dedova, E.B. Feed crops on the reclaimed lands of the Republic of Kalmykia: monograph / E.B. Dedova, A.V. Davaev. - Volgograd: FSBEI HPE Volgograd GAU, 2015. - 196 p.
3. Dubenok, N.N. Phytomeliorative role of cultivators-cultivators of salted lands of Kalmykia / N.N. Sheepskin, E.B. Dedova, S.B. Adyaev // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2009. No. 6. P. 22-25.
4. Mandzhieva, T.N. *Amaranthus paniculatus* on saline soils of the Republic of Kalmykia / T.N. Mandzhieva // In the collection: Problems of the development of agricultural land reclamation and the water management complex based on digital technologies. Materials of the International scientific-practical conference. - Publisher: FGBNU "VNIIGiM them. A.N. Kostyakova" - 2019. - P. 192-196.
5. Mandzhieva, T.N. A study of the salt tolerance of paniced amaranth in laboratory conditions (*Amaranthus paniculatus*) / T.N. Mandzhieva, V.I. Ivanova // In the collection: Current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management. IV International Scientific and Practical Internet Conference. FSBSI "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences". with. Salty Loan. - 2019. - P. 142-146
6. Mandzhieva, T.N. Cultivation of non-traditional culture of phytomeliorative action - paniced amaranth in saline brown semi-desert soils / T.N. Mandzhieva // In the collection: Current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management. II International Scientific and Practical Internet Conference. FSBSI "Caspian Research Institute of Arid Agriculture". with. Salty Loan. - 2017. - P. 335-336.

УДК 631.45

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.30.74.039

РОЛЬ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ТРАНСФОРМАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

¹Матюк Н.С., ²Шевченко В.А., ²Соловьев А.М., ²Г.И. Бондарева,
¹Полин В.Д.

¹ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия;

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Аннотация. Изучены закономерности трансформации показателей плодородия пахотного слоя и нижележащих горизонтов дерново-подзолистой почвы при длительном (более 100 лет) воздействии природных и антропогенных факторов. Установлено, что длительное использование почвы под агроценозами разной интенсивности в значительной степени определяет содержание в ней запасов гумуса, общего азота, подвижных форм фосфора и обменного калия. Запасы гумуса в пахотном слое по сравнению с компромиссной агроэкосистемой (приближенные к естественным) составляют: в сверхинтенсивных агроэкосистемах – 133,9%, интенсивных – 111,9%, экстенсивных – 94,3% и деградированных – 72,4%; подвижного фосфора соответственно: 71%, 61%, 49% и 39%. Распределение запасов обменного калия по слоям мелиорированной почвы колебалось незначительно и составило в пахотном слое от 22,8 до 28,0%, что объясняется способностью данного элемента переходить в необменные формы и закрепляться в кристаллической решетке различных минералов.

Показано, что по мере усиления степени антропогенного воздействия на почвенный покров различными энергетическими субсидиями соотношение C:N расширялось до 1:11,4 и 11,6 в интенсивных и сверхинтенсивных агроэкосистемах, а в экстенсивных – резко возросло до 1:15,5 при оптимальной пропорции 1:10. При этом часть энергии отчуждается и становится недоступной, что усиливает опасность загрязнения грунтовых вод различными минеральными соединениями.

Ключевые слова: компромиссная, деградированная, экстенсивная, интенсивная и сверхинтенсивная агроэкосистемы; дерново-подзолистая почва; запасы гумуса, азота, фосфора и калия; соотношение углерода и азота

THE ROLE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS IN THE TRANSFORMATION OF FERTILITY INDICATORS OF RECLAIMED LANDS IN THE NON-CHERNOZEM ZONE

¹Matyuk N. S., ²Shevchenko V.A., ²Soloviev A.M., ²G. I. Bondareva, ¹Polin V. D.

¹Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

²All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation

Abstract. *The regularities of transformation of indicators of fertility of the arable layer and the underlying horizons of sod-podzolic soil under long-term (more than 100 years) influence of natural and anthropogenic factors are studied. It is established that long-term use of soil under agroecosystems of different intensity largely determines the content of humus, total nitrogen, mobile forms of phosphorus and exchangeable potassium in it. Humus reserves in the arable layer in comparison with the compromise agroecosystem (close to natural) are: in super – intensive agro – systems – 133.9%, intensive – 111.9%, extensive-94.3% and degraded-72.4%; mobile phosphorus, respectively: 71%, 61%, 49% and 39%. The distribution of exchange potash reserves in the layers of reclaimed soil fluctuated slightly and amounted to 22.8 to 28.0% in the arable layer, which is explained by the ability of this element to pass into non-exchange forms and be fixed in the crystal lattice of various minerals.*

It is shown that as the degree of anthropogenic impact on the soil cover increased by various energy subsidies, the C:N ratio expanded to 1:11.4 and 11.6 in intensive and super – intensive agroecosystems, and in extensive systems it sharply increased to 1:15.5 with an optimal ratio of 1:10. In this case, part of the energy is alienated and becomes inaccessible, which increases the risk of contamination of groundwater with various mineral compounds.

Keywords: *compromise, degraded, extensive, intensive and super-intensive agroecosystems; sod-podzolic soil; humus, nitrogen, phosphorus and potassium reserves; carbon-nitrogen ratio*

К природным факторам, влияющим на содержание макро- и микроэлементов почвы относят гранулометрический и минералогический состав, растительный покров, содержание гумуса и поглощенных катионов, кислотность, рельеф местности, сезонные изменения инсоляции, температуры, влажности, скорости ветра, суммы выпадающих осадков и их распределение по месяцам, продолжительность безморозного периода и другие факторы, которые в значительной степени определяют миграцию элементов по почвенному профилю [1]. В естественных условиях плодородие почвы возрастает слишком медленно и определяется в основном скоростью развития природного почвообразовательного процесса [2]. В подзолистых и дерново-подзолистых почвах фосфор малоподвижен, поскольку он в основном связан с полуторными окислами как в виде

адсорбционных соединений, так и в форме фосфатов Fe и Al. Калий также быстро переходит в поглощенное состояние и легко вымывается только из легких по гранулометрическому составу почв [3].

Вовлечение мелиорированных земель в сельскохозяйственное использование, особенно в виде интенсивно обрабатываемой пашни – одна из основных причин изменения свойств почвы. Увеличивается миграция макро- и микро-элементов за пределы корнеобитаемого слоя, разрушается дерновый слой, защищающий почву, повышается риск возникновения водной и ветровой эрозии, активизируется процесс окисления органического вещества.

Под воздействием человеческого фактора в агроэкосистемах коренным изменениям подвергаются две основные компоненты: биотическая, главным образом растительный состав и абиотическая – в частности почва. Обрабатывая почву, мы меняем ее структуру, улучшаем или ухудшаем водный, воздушный и температурный режимы, что обычно способствует ускорению процессов минерализации органического вещества [4]. По этой причине мониторинг изменения параметров экологических функций дерново-подзолистой почвы при ее интенсивном окультуривании важен для разработки мероприятий по управлению плодородием и продукционным процессом сельскохозяйственных культур, а также для оценки масштаба экологических последствий интенсивного воздействия на различные агробиоты [5,6].

Объекты и методика проведения исследований. Исследования проводили в длительном полевом опыте РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, заложенном профессором А.Г. Дояренко в 1912 г. Объектами исследований явились агроэкосистемы, различающиеся по продуктивности, соотношению вложенных и отчужденных антропогенных субсидий:

– *деградированные* – поле чистого пара без удобрений и извести с содержанием органического углерода на уровне квазиравновесного состояния, обеспеченного гранулометрическим составом (0,5...0,6% $C_{орг.}$) и очень низкими запасами гумуса (36,6 т/га) с соотношением энергии, накопленной сорной растительностью к потерям энергии при минерализации гумуса как 1:9. Продуктивность 3,2 тыс. МДж/га;

– *компромиссные* (приближенные к естественным) – травянистая залежь с содержанием $C_{орг.}$ 1,4...1,5%, запасами гумуса 59,6 т/га и соотношением накопленной энергии биоценозом многолетних трав к энергии минерализации гумуса как 10:1. Продуктивность 92,8 тыс. МДж/га;

– *экстенсивные* – монокультуры яровых зерновых, технических (лен) и пропашных культур (картофель) на фоне без удобрений и извести с содержанием $C_{орг.}$ 0,8...0,9%, запасами гумуса 56,2 т/га и соотношением поступившей энергии с растительными остатками к отчужденной с минерализацией гумуса, основной и побочной продукцией как 1:2. Продуктивность 55,9 тыс. МДж/га;

– *интенсивные* – севооборотные участки с биоразнообразием сельскохозяйственных растений с 1950 г. после 38-летнего чистого пара на фоне внесения $N_{100}P_{150}K_{120}$ и 20 т/га навоза ежегодно с соотношением поступившей энергии с растительными остатками, минеральными и органическими удобрениями к ее

потерям за счет минерализации гумуса и отчуждению с основной и побочной продукцией как 1:17, с содержанием $C_{орг.}$ 1,2...1,3% и запасами гумуса в пахотном слое 66,7 т/га. Продуктивность 101,3 тыс. МДж/га;

– *сверхинтенсивные* – участки зернопропашного севооборота (чистый пар – озимая рожь – картофель – ячмень с подсевом клевера – клевер – лен) на идентичном фоне питания с 1912 г. $C_{орг.}$ 1,1...1,2%, запасы гумуса – 79,8 т/га с соотношением между выше отмеченными компонентами как 1:1,5. Продуктивность 125,6 тыс. МДж/га.

Все исследования выполнены по общепринятым методикам, используемым в сельскохозяйственных учреждениях.

Результаты исследований. Длительное воздействие на почвенный покров легкосуглинистых дерново-подзолистых почв технологическими приемами разной интенсивности вызывает изменение их морфологических признаков, гумусированности и содержания биофильных элементов не только пахотного слоя, но и нижележащих горизонтов по сравнению с их естественными аналогами. Установлено, что вовлечение залежных земель в интенсивный сельскохозяйственный оборот при экстенсивном способе использования пашни снижает запасы гумуса во всех слоях метровой части профиля деградированных агроэкосистем и особенно сильно в пахотном (23,0 т/га), корнеобитаемом слое 0-30 см (17,6 т/га) и слое 0-50 см (20,7 т/га). В слое 0-100 см эти различия составляют 41,7 т/га (табл. 1).

Таблица 1 - Изменение запасов гумуса (т/га, %) по слоям почвенного профиля, 2014 г.

Агроэкосистема	Слой почвы, см			
	0-20	0-30	0-50	0-100
Компромиссная (контроль)	$\frac{59,6}{100}$	$\frac{70,8}{100}$	$\frac{94,2}{100}$	$\frac{143,1}{100}$
Деградированная	$\frac{36,6}{72,4}$	$\frac{53,2}{74,8}$	$\frac{73,5}{78,0}$	$\frac{101,4}{72,9}$
Экстенсивная	$\frac{56,2}{94,3}$	$\frac{76,2}{107,6}$	$\frac{107,6}{114,2}$	$\frac{158,0}{110,4}$
Интенсивная	$\frac{66,7}{111,9}$	$\frac{82,7}{116,8}$	$\frac{108,8}{115,5}$	$\frac{159,2}{111,3}$
Сверхинтенсивная	$\frac{79,8}{133,9}$	$\frac{103,4}{146,0}$	$\frac{140,1}{148,7}$	$\frac{197,3}{137,9}$
НСР ₀₅	$\frac{3,6}{6,4}$	$\frac{4,8}{6,7}$	$\frac{6,5}{6,9}$	$\frac{9,3}{6,8}$

Примечание: числитель – запасы гумуса – т/га; знаменатель – % к компромиссной агроэкосистеме

Обогащение почвы органическим веществом за счет внесения 17,3 т/га навоза ежегодно (в среднем, за все годы опыта) в интенсивных и сверхинтенсивных агроэкосистемах увеличивает запасы гумуса в пахотном 0-20 см на

11,9...33,9%, в слое 0-30 см на 16,8...46,0% и в слое 0-50 см – на 15,5...48,7%. Среднее увеличение запасов гумуса в метровом слое за этот же период составило 11,3% в интенсивных и 37,9% в сверхинтенсивных агроэкосистемах.

Системные обследования метровых профилей компромиссных (многолетняя залежь), деградированных (чистый пар), экстенсивных (монокультуры без удобрений), а также интенсивных и сверхинтенсивных (севооборотные участки на органо-минеральном фоне) агроэкосистем выявили разнохарактерность процессов накопления и миграции органического вещества, а также аккумуляции и перераспределения биофильных элементов.

Наши исследования показали, что в экстенсивных агроэкосистемах при ограниченном (0,8-1,2 т/га) поступлении органических веществ в виде растительных остатков и интенсивном механическом воздействии на почвенный покров приемами ежегодной механической обработки усиливаются процессы минерализации органического вещества и, следовательно, снижаются запасы гумуса в пахотном слое, которые составили за весь период исследований 10,4 т/га (20%) с резкой убылью вниз по профилю.

Снижение запасов гумуса в нижележащих слоях 40-60 см, 60-80 см и 80-100 см составило 35,2%, 38,1% и 42% по отношению к аналогичным слоям компромиссных агроэкосистем соответственно.

Усиление степени воздействия на агроландшафт антропогенных факторов в форме пожнивно-корневых остатков растений, удобрений, известковых материалов увеличивали как общие запасы гумуса в изучаемых слоях метрового профиля дерново-подзолистой почвы, так и интенсивность вертикальной миграции лабильной части органического вещества. Так, в интенсивных агроэкосистемах запасы гумуса в пахотном слое остались на уровне компромиссных, а в слое 20-40 см возросли на 45%, в слое 40-60 см – на 28%, в слое 60-100 см – на 42% (рис. 1).

Введение в агробиогеоценозы сверхинтенсивных агроэкосистем сельскохозяйственных культур с мощно развитой корневой системой и длительным периодом функционирования усиливает процессы гумусонакопления, что приводит к увеличению запасов гумуса во всех исследуемых слоях метровой части почвенного профиля по сравнению с другими агроэкосистемами. Так, в слое 0-20 см запасы гумуса увеличились в 1,61 раза, в слое 20-40 см – в 2,22 раза, в слое 40-60 см – в 1,61 раза, а в слоях 60-80 см и 80-100 см – в 2,39 и 1,26 раза соответственно по сравнению с экстенсивной агроэкосистемой.

В профиле дерново-подзолистых почв изучаемых агроэкосистем изменялись не только количественные, но и качественные параметрические характеристики гумусовых веществ (табл. 2).

Установлено, что в почвах деградированных агроэкосистем вниз по профилю снижается степень защищенности центральной части гумусовых кислот вследствие отбора из их состава наиболее термостабильных группировок, что приводит к возрастанию доли периферической части с 70% в пахотном до 90 % в слое 80-100 см.

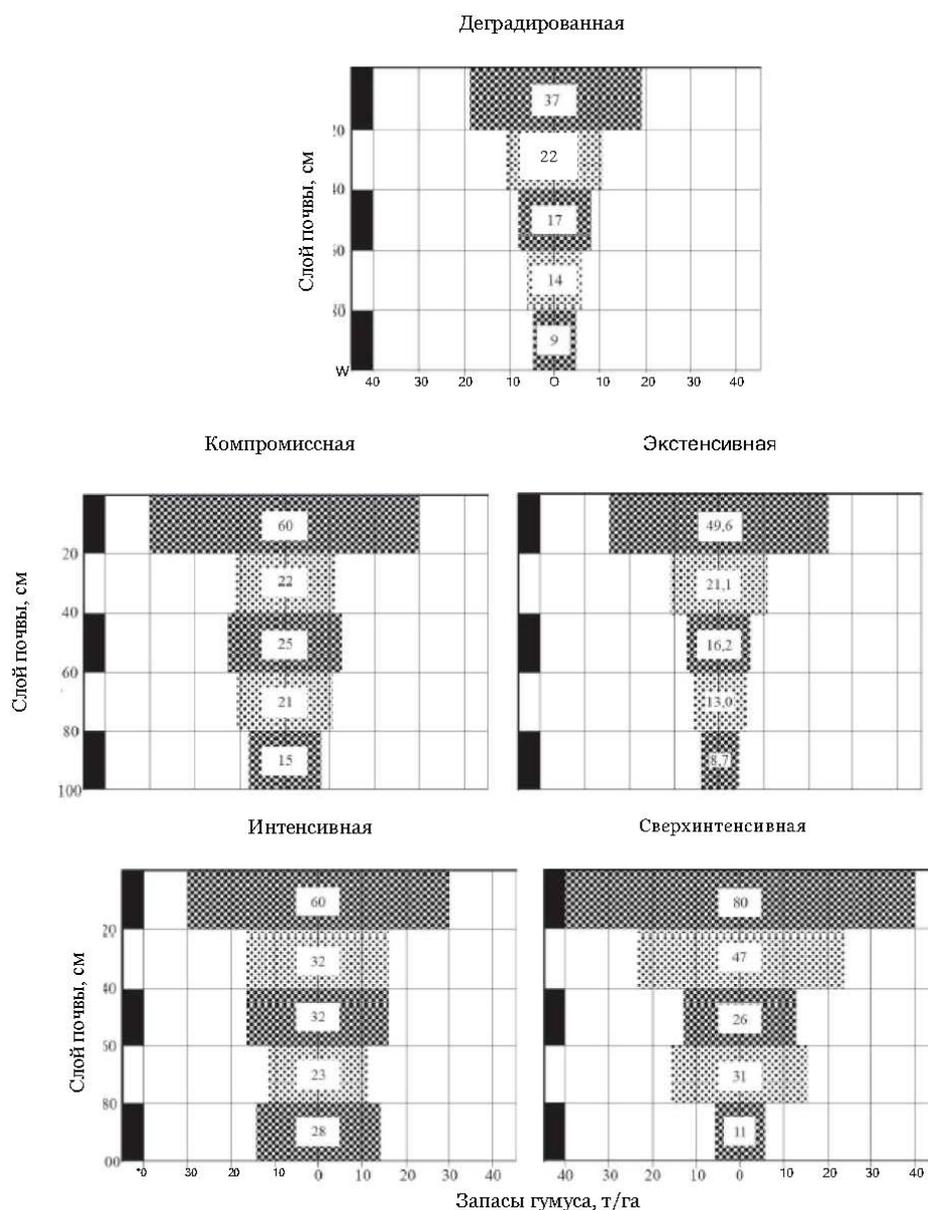


Рисунок 1 - Распределение запасов гумуса (т/га) в верхней части почвенного профиля в агроэкосистемах разной интенсивности

Наиболее выравненные соотношения между центральной и периферической частями отмечаются в компромиссных агроэкосистемах (1,93...2,63), что свидетельствует о высокой экологической устойчивости их к неблагоприятным воздействиям факторов внешней среды.

По сравнению с компромиссными агроэкосистемами усиление степени воздействия антропогенными субсидиями на агробиогеоценозы увеличивает долю периферического органического вещества в нижних слоях метрового профиля с 71...72 до 82...88%, что связано с более значимой миграцией подвижных форм гумуса.

Таким образом, снижение степени воздействия на агроэкосистемы приводит к возрастанию доли структурных компонентов периферической части и значительному снижению доли циклических группировок гумусовых соединений, что приводит к упрощению их строения при движении вниз по профилю.

Таблица 2 - Соотношение центральной и периферической части органического вещества в профиле дерново-подзолистой почвы

Слой почвы, см	Содержание органического вещества по потере массы, %				
	Общее	Периферическая часть (П)	Центральная часть (Ц)	Соотношение П:Ц	Доля активной части
Деградированная					
0-20	0,69	0,48	0,21	2,29	70
20-40	0,49	0,35	0,14	2,50	71
40-60	0,63	0,51	0,12	4,25	81
60-80	0,59	0,49	0,10	4,90	83
80-100	0,30	0,27	0,03	9,00	90
Сверхинтенсивная					
0-20	1,36	0,99	0,37	2,67	73
20-40	0,94	0,67	0,27	2,48	71
40-60	0,74	0,52	0,22	2,36	70
60-80	1,03	0,84	0,19	4,42	81
80-100	0,82	0,67	0,15	4,47	82
Экстенсивная					
0-20	0,93	0,60	0,33	1,82	65
20-40	0,76	0,59	0,17	3,47	79
40-60	0,36	0,26	0,10	2,60	72
60-80	0,78	0,60	0,18	3,33	77
80-100	0,75	0,64	0,11	5,82	85
Интенсивная					
0-20	1,09	0,82	0,27	3,04	75
20-40	0,92	0,66	0,26	2,53	72
40-60	0,70	0,48	0,22	2,18	69
60-80	0,82	0,69	0,13	5,31	84
80-100	0,65	0,57	0,08	7,12	88
Компромиссная					
0-20	0,98	0,71	0,27	2,63	72
20-40	0,49	0,31	0,16	1,93	63
40-60	0,54	0,39	0,15	2,60	72
60-80	0,49	0,35	0,14	2,50	71
80-100	0,39	0,28	0,11	2,54	72

Длительное использование мелиорированных земель под агроценозами разной интенсивности сопровождается не только изменением содержания и перераспределения запасов гумуса в верхней части почвенного профиля, но и в значительной степени определяет содержание в ней подвижных форм фосфора, обменного калия и общего азота (рис. 2). В компромиссной и сверхинтенсивной агроэкосистемах распределение подвижного фосфора имеет резко дифференцированный характер, а в агроэкосистемах меньшей интенсивности – более выравненный.

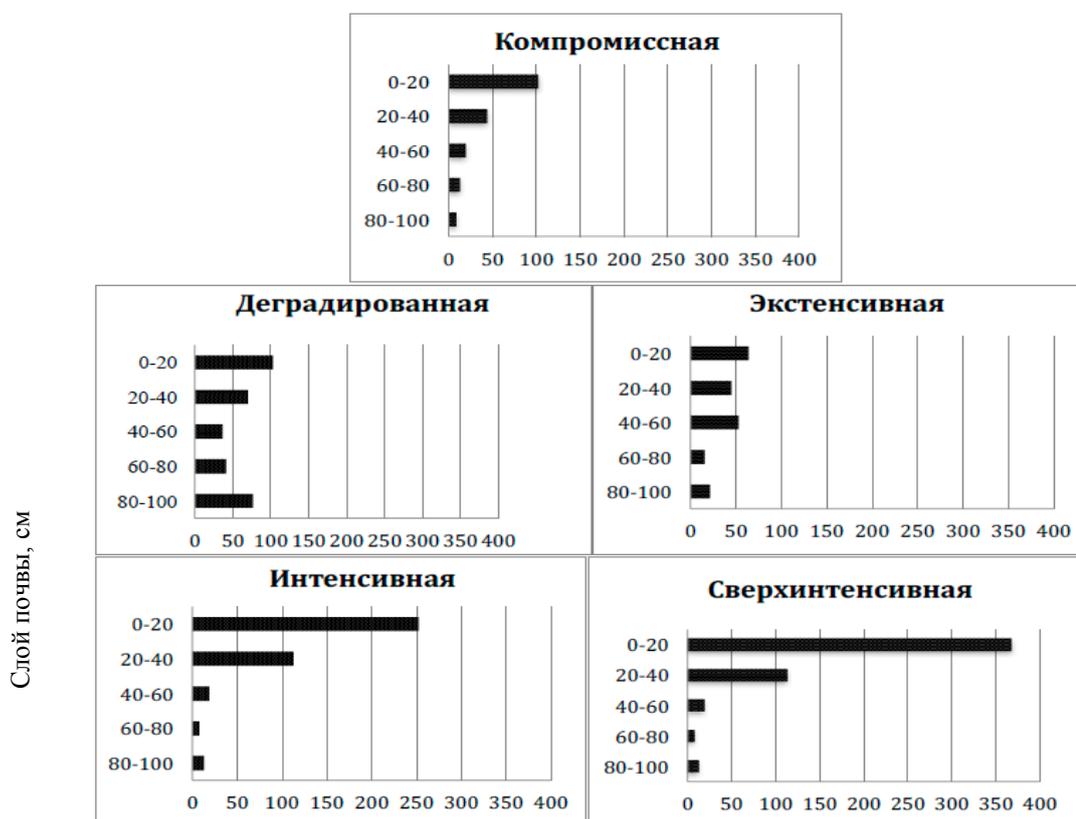


Рисунок 2 - Содержание подвижного фосфора (мг/кг почвы в агроэкосистемах разной интенсивности)

Наиболее выравненные соотношения между центральной и периферической частями отмечаются в компромиссных агроэкосистемах (1,93...2,63), что свидетельствует о высокой экологической устойчивости их к неблагоприятным воздействиям факторов внешней среды.

По сравнению с компромиссными агроэкосистемами усиление степени воздействия антропогенными субсидиями на агробиогеоценозы увеличивает долю периферического органического вещества в нижних слоях метрового профиля с 71...72 до 82...88%, что связано с более значимой миграцией подвижных форм гумуса.

Таким образом, снижение степени воздействия на агроэкосистемы приводит к возрастанию доли структурных компонентов периферической части и значительному снижению доли циклических группировок гумусовых соединений, что приводит к упрощению их строения при движении вниз по профилю.

Длительное использование мелиорированных земель под агроценозами разной интенсивности сопровождается не только изменением содержания и перераспределения запасов гумуса в верхней части почвенного профиля, но и в значительной степени определяет содержание в ней подвижных форм фосфора, обменного калия и общего азота (рис. 2). В компромиссной и сверхинтенсивной агроэкосистемах распределение подвижного фосфора имеет резко дифференцированный характер, а в агроэкосистемах меньшей интенсивности – более выравненный.

Так, если запасы подвижного фосфора в слое 0-100 см принять за 100 процентов, то в пахотном слое (0-20 см) дерново-подзолистой почвы свер-

хинтенсивных агроэкосистем содержится 71%, интенсивных – 61%, экстенсивных – 49 % и деградированных – 39%, что связано с разным содержанием катионов Ca^{++} и Mg^{++} , способных связывать различные формы фосфорных соединений и уменьшать их миграцию в нижележащие горизонты (рис.3).

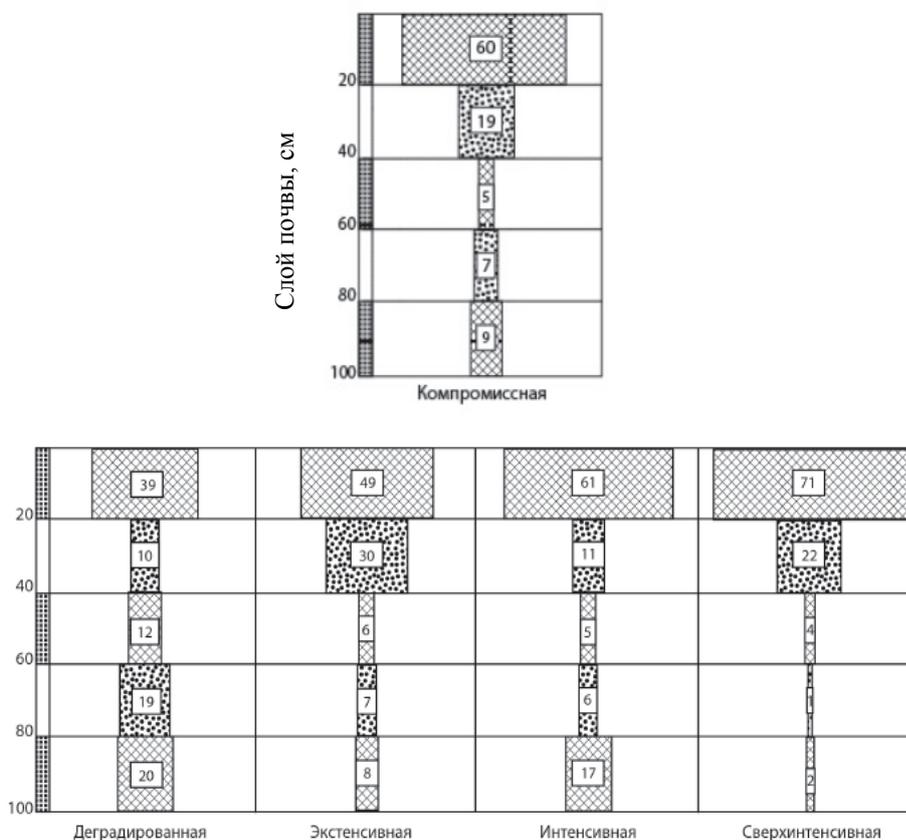


Рисунок 3 - Распределение запасов подвижного фосфора по слоям метровой части почвенного профиля в агроэкосистемах разной интенсивности, % от общего

При этом максимальное накопление подвижных фосфатов в корнеобитаемом слое 0-40 см отмечается в сверхинтенсивных агроэкосистемах (93%), а минимальное (49%) в деградированных.

На нижележащие горизонты (40-100 см) в деградированных агроэкосистемах приходится 51%, в экстенсивных – 21%, интенсивных – 28% и сверхинтенсивных – 7% фосфора. Следовательно, внесенные и аккумулированные в пахотном слое дерново-подзолистых почв фосфорные соединения наиболее эффективно используются агробиоценозами в сверхинтенсивных агроэкосистемах.

В накоплении и распределении в почвенном профиле общего азота установлены другие закономерности. Наиболее высокое его содержание в пахотном слое отмечается в сверхинтенсивных агроэкосистемах (0,14%), что связано с большой массой ежегодно поступающих пожнивно-корневых остатков (5,2 т/га) и внесением навоза в дозе 20 т/га (табл. 3).

Таблица 3 - Содержание (%) и запасы общего азота (т/га) по слоям верхней части почвенного профиля, 0-100 см

Агроэкосистема	Слой почвы, см					НСР ₀₅
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	
Компромиссная (контроль)	<u>0,10</u> 2,75	<u>0,08</u> 2,32	<u>0,04</u> 1,20	<u>0,03</u> 0,93	<u>0,04</u> 1,28	<u>0,004</u> 0,012
Деградированная	<u>0,08</u> 2,16	<u>0,05</u> 1,45	<u>0,03</u> 0,91	<u>0,03</u> 0,93	<u>0,04</u> 1,28	<u>0,003</u> 0,009
Экстенсивная	<u>0,07</u> 1,89	<u>0,04</u> 1,16	<u>0,03</u> 0,90	<u>0,02</u> 0,62	<u>0,02</u> 0,64	<u>0,002</u> 0,007
Интенсивная	<u>0,11</u> 3,08	<u>0,05</u> 1,45	<u>0,03</u> 0,90	<u>0,03</u> 0,93	<u>0,04</u> 1,28	<u>0,004</u> 0,011
Сверхинтенсивная	<u>0,14</u> 3,92	<u>0,08</u> 2,32	<u>0,05</u> 1,50	<u>0,06</u> 1,86	<u>0,02</u> 0,64	<u>0,005</u> 0,015

Примечание: числитель – содержание общего азота, %; знаменатель – запасы общего азота, т/га

При снижении степени антропогенного воздействия на агроэкосистемы его содержание уменьшается на 21,4% в интенсивных, на 44,9% в деградированных, а в экстенсивных в 2 раза. При этом его распределение по слоям верхней части почвенного профиля во всех изучаемых агроэкосистемах носит более выравненный характер. Так, колебания содержания общего азота в пахотном слое почвы 0-20 см у агроэкосистем различной интенсивности в относительном выражении изменялось от 34,8% в деградированных до 42,3% в интенсивных. В слое 20-40 см – от 19,2% до 22,9%; в слоях 40-60 и 60-80 см – от 11,1% до 16,7%, а в слое 80-100 см – от 11,1% до 17,4%, при этом резкое снижение до 5,7% отмечено лишь в сверхинтенсивных агробиоценозах.

Таким образом изменение содержания общего запасов азота по слоям верхней части почвенного профиля не оказывало заметного влияния на его распределение в вертикальной плоскости.

В агроэкосистемах различной интенсивности изменялось не только содержание органического углерода и общего азота по слоям метровой части почвенного профиля, но и соотношение между ними (C:N). Наши расчеты показали, что наиболее устойчивым и близким к оптимальному соотношению (1:10) оно было в деградированных агроэкосистемах и составляло 1:10,1. По мере усиления степени антропогенного воздействия на почвенный покров различными энергетическими субсидиями соотношение C:N расширилось до 1:11,4 и 11,6 в интенсивных и сверхинтенсивных агроэкосистемах, а в экстенсивных – резко возрастало до 1:15,5.

Такие же закономерности установлены в накоплении и перераспределении обменного калия в верхней части почвенного профиля. По содержанию этого элемента питания в метровом слое дерново-подзолистой легкосуглинистой

почвы изучаемые агроэкосистемы можно расположить в следующий убывающий ряд: сверхинтенсивные > интенсивные > компромиссные > экстенсивные > деградированные.

В деградированных экосистемах содержание обменного калия в пахотном слое 0-20 см составляло 123 мг/кг почвы и плавно снижалось до 70...120 мг/кг почвы в нижележащих слоях, в основном, за счет его закрепления в кристаллическую решетку минералов из ППК почвы. Возделывание монокультур при естественном фоне питания увеличивает его содержание до 150 мг/кг почвы в пахотном и до 100...140 мг/кг почвы в нижележащих горизонтах за счет калия, содержащегося в пожнивно-корневых остатках.

Внесение минеральных удобрений в интенсивных агроэкосистемах обеспечивает дальнейшее повышение содержания обменного калия на 55 мг/кг почвы в пахотном и на 65...80 мг/кг почвы в нижележащих слоях. Совместное применение минеральных ($N_{100}P_{150}K_{120}$) и органических (17,4 т/га навоза) удобрений обуславливает резкое, до 320 мг/кг почвы, увеличение его содержания в пахотном слое сверхинтенсивных агроэкосистем и более плавное – в нижележащих горизонтах (табл. 4).

При этом процентное распределение запасов данного элемента по слоям метрового профиля почвы в разных агроэкосистемах колебалось незначительно и составляло в пахотном слое от 22,8 до 28,0 %, в подпахотном – от 16,1 до 23,8 %, а в нижележащих слоях 40-100 см – от 13,3 до 23,9%, что обусловлено высокой его подвижностью, а также способностью переходить в необменные формы и закрепляться в кристаллической решетке различных минералов.

Таблица 4 - Распределение запасов обменного калия в метровой части почвенного профиля в агроэкосистемах, кг/га

Агроэкосистема	Слой почвы, см					
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-100
Компромиссная (контроль)	<u>629</u> 29,6	<u>252</u> 11,8	<u>441</u> 20,7	<u>339</u> 15,9	<u>465</u> 22,0	<u>2126</u> 100
Деградированная	<u>332</u> 23,6	<u>336</u> 23,8	<u>285</u> 20,3	<u>234</u> 16,6	<u>222</u> 15,7	<u>1409</u> 100
Экстенсивная	<u>405</u> 22,8	<u>286</u> 16,1	<u>357</u> 20,1	<u>420</u> 23,7	<u>306</u> 17,3	<u>1774</u> 100
Интенсивная	<u>554</u> 23,0	<u>560</u> 23,3	<u>574</u> 23,9	<u>396</u> 16,5	<u>321</u> 13,3	<u>2405</u> 100
Сверхинтенсивная	<u>864</u> 28,0	<u>560</u> 18,1	<u>560</u> 18,1	<u>570</u> 18,5	<u>531</u> 17,3	<u>3085</u> 100

Примечание: числитель – запасы обменного калия, кг/га; знаменатель – % от общего

Следовательно, при длительном воздействии природных и антропогенных факторов разной интенсивности на агроэкосистемы отмечается существенное изменение содержания, а также перераспределения энергетических потоков в профиле мелиорированной почвы с увеличением количества гумуса и элементов питания в нижней части почвенного профиля, особенно в сверхинтенсив-

ных агробиоценозах. Это свидетельствует о том, что при антропогенной нагрузке, превышающей буферную способность почвы и энергетическую емкость существующего агробиоценоза, часть энергии отчуждается, т.е. переносится в нижележащие слои 60-80 и 80-100 см и становится недоступной. При этом усиливается опасность загрязнения грунтовых вод различными минеральными соединениями.

Выводы

1. Вовлечение залежных мелиорированных земель в интенсивный сельскохозяйственный оборот при экстенсивном способе их использования снижает запасы гумуса во всех слоях метровой части почвенного профиля деградированных агроэкосистем, которые составляют: в пахотном слое 0-20 см – 23,0 т/га, корнеобитаемом 0-30 см – 17,6 т/га и слое 0-50 см – 20,7 т/га и в слое 0-100 см – 41,7 т/га по сравнению с компромиссной агроэкосистемой. В интенсивных и сверхинтенсивных агроэкосистемах за счет внесения в среднем 17,3 т/га навоза ежегодно запасы гумуса по слоям почвы увеличились на 11,3...16,8 и 33,9...48,7% соответственно.

2. Наиболее выравненные соотношения между центральной и периферической частями органического вещества отмечаются в компромиссных агроэкосистемах (2,50...2,63), что свидетельствует о высокой экологической устойчивости их к неблагоприятным воздействиям факторов внешней среды. По сравнению с компромиссными агроэкосистемами усиление степени воздействия антропогенными факторами на агробиоценозы увеличивает долю периферического органического вещества в нижних слоях метрового профиля с 71...72 до 82...90%, что связано с более значимой миграцией подвижных форм гумуса.

3. Длительное использование мелиорированных земель под агроценозами разной интенсивности в значительной степени определяет содержание в ней подвижных форм фосфора и обменного калия. Так, запасы подвижного фосфора в пахотном слое 0-20 см дерново-подзолистой почвы составляют: в сверхинтенсивных агроэкосистемах – 71%, интенсивных – 61%, экстенсивных – 49% и деградированных – 39%, от его запасов в слое 0-100 см, что связано с разным содержанием катионов Ca^{++} и Mg^{++} , способных связывать различные формы фосфорных соединений и уменьшать их миграцию в нижележащие горизонты.

По накоплению калия в метровом слое дерново-подзолистой почвы изученные агроэкосистемы можно расположить в следующей убывающей последовательности: сверхинтенсивные > интенсивные > компромиссные > экстенсивные > деградированные.

4. В агроэкосистемах различной интенсивности изменяется также и соотношение между углеродом и азотом (C:N). Расчеты показали, что наиболее устойчивым и близким к оптимальному соотношению (1:10) было в деградированных агроэкосистемах и составляло 1:10,1. По мере усиления степени антропогенного воздействия на почвенный покров оно расширялось до 1:11,4 и 11,6 в интенсивных и сверхинтенсивных агроэкосистемах, а в экстенсивных – резко возрастало до 1:15,5.

Список использованных источников

1. Небольсин А.Н. Известкование почв (результаты 50-летних полевых опытов) / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина. – СПб.: ЛНИИСЗ РАСХН, 2010. – 254 с.
2. Шевченко В.А. Особенности трансформации осушенных торфяно-подзолисто-глеевых почв при длительном сельскохозяйственном использовании / В.А. Шевченко, А.В. Нефедов, А.В. Ильинский, А.Е. Морозов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 3. С. 25-28.
3. Судаков В.Д. Баланс фосфора и калия в земледелии Брестской области за 35 лет / В.Д. Судаков // Актуальные проблемы плодородия почв в современных условиях. Минск. – 2001. – Кн. 2. – С. 282-285.
4. Матюк Н.С. Принципы ресурсосберегающей обработки почвы в современной системе земледелия / Н.С. Матюк, В.А. Шевченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. № 7. С. 2-4.
5. Матюк Н.С. Оптимальные параметры пахотного слоя почвы и способы их поддержания в современном земледелии / Н.С. Матюк, Ф.А. Цвирко, В.А. Шевченко. Плодородие. 2005. № 1 (22). С. 33-35.
6. Pavaska, B. Soil Information System of Soil Science and Conservation Research Institute Bratislava / B. Pavaska, R. Lasur // Почвозн., агрохим. и экол. – 2001 - № 4/6. – С. 77 -78.

References

1. Nebolsin A. N. Liming of soils (results of 50-year field experiments) / A. N. Nebolsin, Z. P. Nebolsina. Saint Petersburg: LNIISZ RASKHN, 2010. 254 p.
2. Shevchenko V. A. Features of transformation of drained peat-podzolic-gley soils in long-term agricultural use / V. A. Shevchenko, A.V. Nefedov, A.V. Ilinsky, A. E. Morozov // Bulletin of Russian agricultural science. 2018. no. 3. Pp. 25-28.
3. Sudakov V. D. Balance of phosphorus and potassium in agriculture of the Brest region for 35 years / V. D. Sudakov // Actual problems of soil fertility in modern conditions. Minsk, 2001, Book 2, Pp. 282-285.
4. Matyuk N. S. Principles of resource-saving tillage in the modern system of agriculture / N. S. Matyuk, V. A. Shevchenko // Mechanization and electrification of agriculture. 2003. no. 7. P. 2-4.
5. Matyuk N. S. Optimal parameters of the arable soil layer and ways of their maintenance in modern agriculture / N. S. Matyuk, F. A. Tsvirko, V. A. Shevchenko. Fecundity. 2005. No. 1 (22). Pp. 33-35.
6. Pavaska, B. Soil Information System of Soil Science and Conservation Research Institute Bratislava / B. Pavaska, R. Lasur // Povezan., Agrokhim. and Ecol. - 2001-no. 4/6. - P. 77 -78.

УДК 631.61/62

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.21.85.040

РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ В ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

¹Мерзлова О.А., ²Шкуратов И.М.

¹ГНУ «Научно-исследовательский экономический институт Минэкономики Республики Беларусь», г. Могилев, Беларусь;

²ОАО «Управляющая компания холдинга «Могилевводстрой», г. Могилев, Беларусь

Аннотация. В рамках Государственных программ предусмотрены реконструкция осушительных, осушительно-увлажнительных систем и основных сооружений на них, вы-

полнение ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных сетях и водохозяйственных сооружениях, проведение инвентаризации мелиоративных систем.

Итогом проведенных мероприятий является характеристика современного состояния мелиоративного хозяйства Могилевской области, в том числе на радиоактивно загрязненных землях.

Ключевые слова: осушительные мелиорации, водный режим, загрязнение почвы радионуклидами, мелиоративные сети, ремонтно-эксплуатационные работы

THE ROLE OF STATE PROGRAMS IN DRAINAGE RECLAMATION TAKING INTO ACCOUNT THE SPECIFICS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF AGRICULTURAL LAND

¹ Merzlova O. A., ² Shkuratov I. M.

¹GNU "Research economic Institute of the Ministry of economy of the Republic of Belarus", Mogilev, Belarus;

²ОАО "managing company of Mogilevvodstroy holding", Mogilev, Belarus

Abstract. *Within the framework of State programs, reconstruction of drainage, drainage and humidification systems and main structures on them, completion of repair and maintenance works on reclamation networks and water management structures, and inventory of reclamation systems are provided.*

The result of these measures is a description of the current state of reclamation facilities in the Mogilev region, including on radioactively polluted lands.

Keywords: *drainage reclamation, water regime, soil contamination with radionuclides, reclamation networks, repair and maintenance works*

Вопрос рационального использования сельскохозяйственных земель остается актуальным на протяжении всей истории развития аграрного производства. В ее решении важная роль отводится мелиоративной науке.

Проведенная в Республике Беларусь в 60–80 гг. масштабная мелиорация земель создала задел эффективного сельскохозяйственного производства в различных почвенно-климатических условия на долгие десятилетия. В последующие годы внимание уделялось совершенствованию мелиоративных сетей, их техническому обеспечению. В настоящее время площадь осушенных земель в стране составляет 3,4 млн. га, или 40,4% территории. В их числе 2,9 млн. га (33,9%) сельскохозяйственных земель. Оросительные системы используются на 30,3 тыс. га (0,4%) [1].

Несмотря на относительно компактную территорию Республики Беларусь водный режим сельскохозяйственных земель, в разных регионах различается, поскольку природные условия имеют выраженную зональность. В северной зоне избыток осадков над испаряемостью может быть в 1,6 раза больше, в агроландшафтах преобладает сложный рельеф, почвы тяжелого гранулометрического состава [2]. В южной зоне: равнинный рельеф, распространены легкие минеральные и торфяные почвы, поэтому для весеннего периода характерно затопление значительных площадей, летом присутствует дефицит влаги. Особенности центральной части проявляются в неустойчивом режиме увлажнения, пестроте почвенного покрова и необходимости дифференцированного подхода

при проведении мелиораций на различных участках, использовании мелиоративных сетей двойного действия.

К центральной зоне в первую очередь относится Могилевская область. Остановимся на ее особенностях как с позиций состояния мелиоративного хозяйства, так и его роли для аграрного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель.

В целом в Могилевской области насчитывается 551 мелиоративная система общей площадью осушенных земель 336,8 тыс. га, орошаемых земель 15,6 тыс. га. В числе осушенных земель сельскохозяйственное назначение имеют 80% (267 тыс. га) и 100 % орошаемой площади. Данные мелиоративные системы в большинстве своем отслужили более 30 лет. Учитывая капиталоемкость осушительной мелиорации, расходы практически полностью финансируются за счет бюджетных средств.

На текущем этапе в рамках Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы (далее – ГП-Агробизнес) в части 8 «Сохранение и использование мелиорированных земель» предусмотрены реконструкция осушительных, осушительно-увлажнительных систем и основных сооружений на них, выполнение ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных сетях и водохозяйственных сооружениях, проведение инвентаризации мелиоративных систем. С этой целью для Могилевской области предусмотрено выделение средств из республиканского бюджета, в эквиваленте около 19,3 млн. долл. США, и из местного бюджета – 16,8 млн. долл. США [3].

За 2016–2019 гг. в рамках ГП-Агробизнес проведены реконструкция мелиоративной сети и новое осушение на площади 12145 га, свodka ДКР вдоль каналов протяженностью 1386 км, очистка от заиления 3956 км открытых каналов, ремонт 507 гидротехнических сооружений, ежегодно осуществляется окашивание около 50...60 % открытых каналов.

Регулирование водного режима помимо основной функции повышения эффективности земледелия имеет и дополнительную не менее важную роль защитной меры в снижении поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию. Эта роль обусловлена тем, что поступление радионуклидов в растительную продукцию зависит от положения уровня грунтовых вод (УГВ). Для большинства торфяных, торфяно- и торфянисто-глеевых почв минимальное поглощение растениями радионуклидов достигается при их глубине УГВ до 90 см от поверхности почвы. При его подъеме до 40...50 см от поверхности почвы интенсивность поступления радионуклидов в растения возрастает до 5 раз, а снижение до 150–200 см – в 1,5–2,0 раза [4].

В связи с этим проведение ремонтно-эксплуатационных работ (РЭР) на открытых внутрихозяйственных мелиоративных сетях, расположенных на землях с плотностью загрязнения ^{137}Cs 5,0 Ки/км² и более является одним из мероприятий Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г. (далее – ГП-ЧАЭС) по радиационной защите. В состав работ, подлежащих финансированию за счет средств данной программы, входят окашивание берм и откосов каналов,

вырубка и вывоз древесно-кустарниковой растительности, очистка каналов от заиления, разравнивание вынутаго грунта [5].

В настоящее время общая площадь сельскохозяйственных земель загрязненной ^{137}Cs 5,0 Ки/км² и более занимает 46,8 тыс. га, из них около четверти осушено (таблица). Общая протяженность открытых каналов на данной территории составляет 144 км.

Таблица – Площади осушенных и загрязненных ^{137}Cs сельскохозяйственных земель Могилевской области

Наименование районов	Наличие, тыс. га	Осушено, тыс. га	Загрязнено, тыс. га		Открытая сеть на землях от 5,0 Ки/км ² , км
			всего	от 5,0 Ки/км ²	
По области	1265,8	267,0	252,3	46,8	144
В загрязненных районах	862,0	174,0			

За период реализации ГП-ЧАЭС в рамках двух последних пятилеток РЭР проводились ежегодные работы по окоске берм, в среднем один раз в три года – очистка каналов от заиления и удаление ДКР. Их динамика представлена на рисунке ниже. На данное мероприятие за 2011–2019 гг. использовано 522 тыс. долл. США в эквиваленте.

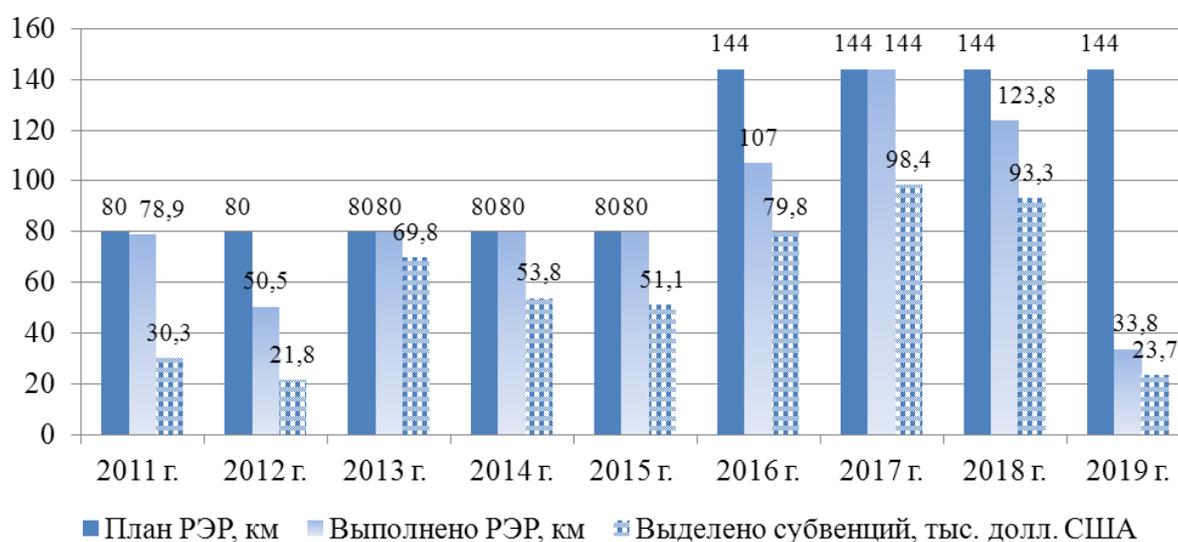


Рисунок – Ремонтно-эксплуатационные работы на мелиоративных сетях в Могилевской области в рамках ГП-ЧАЭС

Однако следует отметить, что согласно научно-техническим подходам проведение РЭР только на открытой части мелиоративной сети является недостаточным для ее эффективной работы. Помимо этого, необходимы промывка дренажа и ремонт гидротехнических сооружений. В частности, на землях с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs более 5 Ки/км² в случае, когда при переустройстве осушительно-увлажнительных систем не обеспечивается регулирование УГВ, рекомендуется замена затворов ковшового и коробчатого типов на

более совершенные. Если не обеспечивается требуемая норма осушения, следует проводить углубление регулирующей сети. На осушенных пойменных землях для снижения перехода радионуклидов в травы целесообразно устройство летних самотечных польдеров при соответствующем культуртехническом их обустройстве, засыпке вымоин и понижений [4].

Перечисленные мероприятия, ввиду неполного охвата ГП-ЧАЭС, несмотря на их значимость для регулирования УГВ на загрязненной территории, приходится осуществлять в рамках ГП-Агробизнес. Однако, учитывая обособленность потоков финансирования, не всегда сроки проведения данных работ учитывают специфику производства на загрязненной территории. В этом случае основным критерием проведения работ служит техническое состояние элементов сети, что не всегда увязано во времени с параметрами изменения УВГ во взаимосвязи с необходимостью соответствия растениеводческой продукции гигиеническим нормативам.

Об этом свидетельствует величина размера субвенций в расчете на 1 га осушенной покомандной площади: 28,5 долл. США/га по ГП-Агробизнес и 6,0 долл. США/га по ГП-ЧАЭС. В целом же данные программы выполняют взаимодополняющую функцию.

Итогом проведенных мероприятий в рамках двух вышеупомянутых программ является характеристика современного состояния мелиоративного хозяйства. Инвентаризация технического состояния мелиоративных систем Могилевской области выявила, что к началу 2019 года реконструкции требуют мелиоративные системы на 44,6 тыс. га, или 16,7% осушенной площади, ремонта – 13,6 тыс. га (5,1%), культуртехнические и агромелиоративные мероприятия необходимы на 23,2 тыс. га (8,7%) территории. В составе технического ухода за сетями на 12,4 тыс. га (4,6%) осушенных сельскохозяйственных земель необходимы мероприятия по организации поверхностного стока, вывод из эксплуатации и перевод их в другую категорию рекомендован на 8,8 тыс. га (3,3%). В ремонте нуждается 2267 км открытой сети и в ее реконструкции – 2008 км, в проведении культуртехнических уходовых работ – 522 км (при общей протяженности 14,6 тыс. км). Эта информация служит основой для планирования работ на последующие периоды с учетом подходов, позволяющих применять современные достижения мелиоративной науки.

Подводя итоги, следует отметить, что в целом роль государственных программ в части осушения избыточно увлажненных территорий и последующей эксплуатации мелиоративных систем в Республике Беларусь является неоспоримой. Несомненно, значимым является акцент на поддержание технического состояния осушительных сетей на радиоактивно загрязненных землях. Однако для большей результативности их осуществления на загрязненных территориях необходима гармонизация объема защитных мероприятий в рамках ГП-ЧАЭС с учетом научно-технических подходов по обеспечению эффективной работы мелиоративных систем.

Список использованных источников

1. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2019 года) / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. – Режим доступа: http://gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr.
2. Лихацевич А. П., Голченко М. Г., Михайлов Г. И. Сельскохозяйственные мелиорации. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
3. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы: утв. постан. Совета Министров Республики Беларусь 11 марта 2016 г. № 196 (приложение 2 в редакции постан. Совмин Республики Беларусь 11.11.2019 № 749). – Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/programms/a868489390de4373.html>.
4. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, РНИУП «Институт радиологии» // Н.Н. Цыбулько, [и др.]. – Минск, 2012. – 124 с.
5. Инструкция о порядке планирования потребности в материально-технических ресурсах и финансировании для осуществления защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве на территориях радиоактивного загрязнения: утв. Постан. Министерства по ЧС Республики Беларусь 06.08.2008 N 86.

References

1. Register of land resources of the Republic of Belarus (as of January 1, 2019) / State property Committee of the Republic of Belarus. – Mode of access: http://gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr.
2. Likhatchevich A. P., Golchenko M. G., Mikhailov G. I. Agricultural land reclamation. - Minsk: IVC of the Ministry of Finance, 2010. - 464 p.
3. State program for the development of agricultural business in the Republic of Belarus for 2016-2020: approved by postan. Of the Council of Ministers of the Republic of Belarus on March 11, 2016 No. 196 (Appendix 2 in the version of the postan. Council Of Ministers Of The Republic Of Belarus 11.11.2019 № 749). – Mode of access: <https://www.mshp.gov.by/programms/a868489390de4373.html>.
4. Recommendations on conducting agricultural production in the conditions of radioactive contamination of the land of the Republic of Belarus for 2012-2016 / Department for the elimination of consequences of the Chernobyl disaster, rniup "Institute of radiology" // N. N. Tsybulko, [et al.]. - Minsk, 2012. - 124 p.
5. Instructions on the procedure for planning the need for material and technical resources and financing for the implementation of protective measures in agricultural production in the territories of radioactive contamination: approved. Postan. Ministry of emergency situations of the Republic of Belarus 06.08.2008 N 86.

УДК 631.61

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.38.42.041

БИМЕЛИОРАЦИЯ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШЛАМОВЫХ ВЛАГОСОРБЕНТОВ

^{1,2}Новиков А.Е., ¹Бородычев В.В., ¹Шевченко В.А.

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Москва, Россия;

²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

Аннотация. Исследована эффективность влагосорбентов на основе композиций из илового осадка сточных вод и природных алюмо- и гидроалюмосиликатов при возделывании ярового ячменя на малопродуктивных почвах.

Ключевые слова: биомелиорация, влагосорбенты, мелиоранты, осадок сточных вод, яровой ячмень, урожайность

BIOMELIORATIVE UNPRODUCTIVE LAND USING SLUDGE BLOGOSERVISOV

^{1,2}Novikov A.E., ¹Borodychev V.V., ¹Shevchenko V.A.

¹The All-Russian research institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russian Federation

²Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Abstract. *The effectiveness of moisture sorbents based on compositions of sludge sludge and natural aluminum and hydroaluminosilicates in the cultivation of spring barley on low-yielding soils was studied.*

Keywords: *bioremediation, moisture sorbents, meliorants, sewage sludge, spring barley, yield*

Почвенная влага в жарком климате Нижнего Поволжья выступает лимитирующим фактором почвенного плодородия и продуктивности сельскохозяйственных угодий. Возросшая за последнее 60-летие гидротермическая напряженность в атмосфере проявилась в формировании на территории резко континентального климата со свойственными перепадами температур в течение календарного года. Из-за недостаточного и нерегулярного естественного увлажнения, различной степени засоленности почв и нерационального природопользования сельскохозяйственные земли стали малопродуктивными, а большая часть деградировала до стадии опустынивания. В этой связи актуальность приобрели исследования по разработке технологий трансформации малопродуктивных и деградированных сельскохозяйственных угодий, и рекомендаций по их использованию [1].

Решение поставленной проблемы возможно за счет биомелиорации почв, под которой понимается комплекс агротехнических и гидромелиоративных мероприятий, направленный на интенсивное повышение плодородия нарушенных земель и урожайности сельскохозяйственных культур. В севооборотах Нижнего Поволжья для снижения коэффициентов водопотребления у зерновых культур распространение получили такие биомелиоративные приемы, как выращивание сидератов, внесение в почву измельченных растительных остатков незерновой (нетоварной) части урожая и пожнивно-корневых остатков растений, навоза и их сочетаний [2,3].

Однако традиционные приемы биомелиорации почв эффективны лишь в долгосрочной перспективе, что обусловлено временем протекания процессов деструкции растительной массы и необходимостью наличия влаги в почве как катализатора этих процессов. Кроме этого они и не всегда реализуемы, например, ввиду отсутствия достаточных объемов продуктов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных. На этом фоне использование шламовых влагосорбентов (мелиорантов) для биомелиорации малопродуктивных земель является перспективным направлением.

Реализация современных технологий биологической обработки хозяйственно-бытовых сточных вод позволяет получать глубоко переработанный иловый осадок (ОСВ) - органическую основу мелиорантов. Минеральной компонентой выступают природные алюмосиликаты (цеолиты Ц, глаукониты Г) и гидроалюмосиликаты (бентониты Б), которые помимо содержания макро- и микроэлементов питания растений, обладают сорбционными и ионообменными свойствами. Состав и свойства этих компонентов рассмотрены в работах [4-8].

Поисковые исследования эффективности композиций мелиоранта на урожайность ярового ячменя проводили на малопродуктивных светло-каштановых почвах Светлоярского района Волгоградской области в двухфакторном поле-вом опыте. В составе фактора А изучали шесть композиций мелиоранта (таблица 1), а в составе фактора В - три дозы внесения мелиорантов на уровне 22, 44 и 66 т/га при соотношении ОСВ и минеральной компоненты 10:1. В качестве контрольных вариантов использовали: 1 - без удобрений; 2 - N₆₀P₄₅ [1]; 3 - N₆₀P₄₅ + гидрогель (полиакриламид сшитый + перлит) в дозе 0,25 т/га [9]; 4 - навоз в дозах 20, 40 и 60 т/га.

Таблица 1 - Схема полевого опыта по фактору А*

Компоненты мелиоранта	Варианты по фактору А					
	1	2	3	4	5	6
ОСВ	+	+	+	+	+	+
Г	-	+	-	-	+	-
Ц	-	-	+	-	-	+
Б	-	-	-	+	+	+

* «-» или «+» - соответственно отсутствие или наличие фактора.

Закладку опытов, наблюдение за посевами и учет урожая проводили классическими методами. Агротехника, использованная в опытах, традиционна для возделываемой культуры в зоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. По всем вариантам основную обработку почвы проводили осенью на глубину 0,20 м, весенняя подготовка почвы сводилась к покровному боронованию и культивации.

Мелиоранты вносили осенью на поверхность поля после обработки почвы. На контрольных вариантах с минеральным питанием расчетные дозы фосфорных удобрений вносили под основную обработку почвы, а азотных удобрений - при посеве культуры [10]. Навоз также вносили под основную обработку почвы.

Использование гидрогеля в качестве одного из контрольных вариантов обусловлено имеющимися рекомендациями производству по его использованию в качестве мелиоранта, повышающего сопротивляемость почв разрушающему воздействию ирригационной эрозии и аккумулирующего влагу. Гидрогель вносили весной на подготовленную поверхность поля [9].

Выпадение атмосферных осадков в период со среднесуточными температурами выше 18-20 °С, соответствующих биологическому оптимуму вегетации ярового ячменя, лимитирует получение стабильного урожая этой культуры.

Анализ погодных условий показывает, что с мая по июль выпало почти 166 мм осадков (благоприятный год для условий Нижнего Поволжья) при сумме активных температур 2019 °С, что соответствовало гидротермическому коэффициенту влагообеспеченности 0,82, характеризующему климат территории в период проведения исследований как засушливый. Относительно обильные осадки в значительной мере способствовали получению высоких урожаев ярового ячменя практически по всем вариантам опыта (табл. 2).

Анализируя результаты поисковых опытов можно констатировать, что при достаточном увлажнении корнеобитаемого слоя растений урожайность ярового ячменя зависит от наличия доступных форм органических и минеральных элементов питания, а также их доз. Отсутствие различий между контролем 1 и 3, разница всего в 3%, говорит о том, что гидрогель в годы с достаточным количеством осадков не дает видимого эффекта, а незначительную эффективность минеральных удобрений можно объяснить хорошей растворимостью, высокой подвижностью и способностью к промывке в более глубокие горизонты при избытке атмосферных осадков.

Таблица 2 - Средняя урожайность ярового ячменя по вариантам опыта, т/га

Варианты по фактору А	Варианты по фактору В		
	В1	В2	В3
2; 5; 6	2,04	2,23	2,31
1; 3; 4	1,94	2,17	2,26
контроль 4	1,82	2,0	2,1
контроль 2	1,79		
контроль 3	1,46		
контроль 1	1,42		

Наибольшая эффективность от внесения мелиоранта относительно контроля 4 достигнута в композициях 2, 5 и 6 по фактору А, где прибавка по зерну составила до 12%. Эти результаты подтверждают наличие в осадке сточных вод и природных минералах доступных для растений элементов питания; эффект от внесения навоза целесообразно ожидать на 2-3 год, ввиду его длительной деградации.

Урожай зерна в вариантах 1, 3 и 4 по фактору А относительно наилучших вариантов был на 2-5% ниже, что объясняется минералогическим составом цеолитов и бентонитов схожим с глауконитами, но несколько ниже в процентном содержании по основным элементам питания - SiO₂, K₂O, MgO и другим.

Компонент мелиоранта бентонит, помимо источника минеральных элементов питания, выполняет роль водоупора - препятствует внутрипочвенному и поверхностному перетоку воды, удерживает ее в прикорневом слое.

Лабораторные анализы почвы и зерна по качественным показателям не выявили каких-либо существенных отклонений от нормы. Содержание нитратов в зерне по вариантам опыта находилось в пределах от 63 до 82 мг/кг (ПДК 200-250 мг/кг), сахаров - 2,8-4,2%, крахмала - 37,0-45,1%. По тяжелым метал-

лам: Zn - 17,1-22,3 мг/кг (ПДК 50,0 мг/кг), Cu - 4,8-5,6 мг/кг (ПДК 30,0 мг/кг), Cd - 0,03-0,06 мг/кг (ПДК 0,3 мг/кг), Pb - 0,0-0,34 мг/кг (ПДК 5,0 мг/кг).

Таким образом, результаты поисковых опытов доказали эффективность шламовых влагосорбентов на основе осадка сточных вод в композиции с алюмосиликатами и гидроалюмосиликатами по критерию доступных элементов питания. Для оценки их влагоудерживающих свойств и последствия целесообразно продолжить исследования.

Список использованных источников

1. Кулик, К.Н. Адаптивно-ландшафтная трансформация малопродуктивных и деградированных земель Волгоградского Заволжья / К.Н. Кулик, Н.А. Ткаченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2013. - № 2 - С. 3-8.
2. Зеленев, А.В. Биомелиорация - фактор снижения коэффициентов водопотребления у зерновых культур в Нижнем Поволжье / А.В. Зеленев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2013. - № 2 - С. 22-26.
3. Шевченко, В.А. Динамика содержания органического вещества при освоении выбывших из оборота малопродуктивных мелиорированных земель в зависимости от системы удобрения и предшественников / В.А. Шевченко, А.М. Соловьев, Н.П. Попова // Плодородие. - 2019. - № 6. - С. 6-10.
4. Ишкаев, Т.Х. Агроэкологические аспекты комплексного использования местных сырьевых ресурсов и нетрадиционных агроруд в сельском хозяйстве / Т.Х. Ишкаев, Ш.А. Алиев, И.А. Яппаров. - Казань, 2007. - 232 с.
5. Пындак, В.И. Агротехническая мелиорация земель в аридных условиях Нижнего Поволжья / В.И. Пындак, А.Е. Новиков // Сельскохозяйственные машины и технологии. - 2013. - № 4. - С. 15-17.
6. Пындак, В.И. Природные мелиоранты на основе кремнеземов и глиноземов / В.И. Пындак, А.Е. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2015. - № 2. - С. 73-76.
7. Степкина, Ю.А. Совершенствование технологий и систем обработки осадка при очистке сточных вод, получение и апробация комплексного удобрения: Дис. ... к.т.н. / Ю.А. Степкина. - Волгоград, 2009. - 206 с.
8. Эффективное использование сточных вод и их осадка для орошения и удобрения сельскохозяйственных культур: монография / А.В. Шуравилин, А.С. Овчинников, В.В. Бородычев и др. - Волгоград, 2009. - 636 с.
9. Кузнецов, П.И. Влияние структурообразующих мелиорантов на водопроницаемость и влагоудерживающую способность светло-каштановых почв / П.И. Кузнецов, А.Е. Новиков // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2010. - № 4. - С. 36-38.
10. Влияние обработки почвы и минерального питания на динамику биологической активности и НРК при возделывании ярового ячменя / С.В. Микитин, А.В. Шуравилин, В.В. Бородычев и др. // Вестник Российского ун-та дружбы народов. Сер. Агрономия и животноводство. - 2017. - Т. 12, № 4. - С. 295-304.

References

1. Kulik, K. N. Adaptive landscape transformation of unproductive and degraded lands of the Volgograd Zavolzhye / K. N. Kulik, N. A. Tkachenko // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: Science and higher professional education. - 2013. - № 2-P. 3-8.
2. Zelenev, A.V. Biomelioration-a factor for reducing water consumption coefficients in grain crops in the Lower Volga region / A.V. Zelenev // Izvestiya nizhnevolzhsky agro-University complex: Science and higher professional education. - 2013. - № 2-P. 22-26.

3. Shevchenko, V. A. Dynamics of organic matter content in the development of unproductive reclaimed lands that have been withdrawn from circulation depending on the system of fertilization and precursors / V. A. Shevchenko, a.m. Solovyov, N. p. Popova // Fertility. - 2019. - № 6. - P. 6-10.
4. Ishkaev, T. H. Agroecological aspects of integrated use of local raw materials and non-traditional agro-ores in agriculture / T. H. Ishkaev, sh. a. Aliyev, I. A. Yapparov. - Kazan, 2007. - 232 p.
5. Pyndak, V. I. Agrotechnical land reclamation in arid conditions of the Lower Volga region / V. I. Pyndak, A. E. Novikov // Agricultural machines and technologies. - 2013. - № 4. - P. 15-17.
6. Pyndak, V. I. Natural meliorants based on silica and alumina / V. I. Pyndak, A. E. Novikov // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: science and higher professional education. - 2015. - № 2. - Pp. 73-76.
7. Stepkina, Yu. A. Improvement of technologies and systems for sludge treatment in wastewater treatment, obtaining and testing of complex fertilizers: Dis. ... Ph. D. / Yu. a. Step-Kina. Volgograd, 2009, 206 p.
8. Effective use of wastewater and its sediment for irrigation and fertilization of agricultural crops: monograph / A.V. Shuravilin, A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, etc. Volgograd, 2009, 636 p.
9. Kuznetsov, P. I. Influence of structure-forming meliorants on water permeability and water-holding capacity of light-chestnut soils / P. I. Kuznetsov, A. E. Novikov // Reports of the Russian Academy of agricultural Sciences, 2010, no. 4, pp. 36-38.
10. The Influence of soil treatment and mineral nutrition on the dynamics of biological activity and NPK in the cultivation of spring barley / S. V. Mikitin, A.V. Shuravilin, V. V. Borodychev et al. // Bulletin Of the Russian University of peoples friendship. Agronomy and animal husbandry, 2017, Vol. 12, No. 4, Pp. 295-304.

УДК 631.8

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.21.50.042

ВЛИЯНИЕ ЛИСТОВОГО ОПАДА ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

Павлов В.Ю.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

***Аннотация.** Показано влияние внесения листового опада городских древесных насаждений в почву. Исследован эффект, который возникает при его разложении в почве и влияние на ее отдельные агрохимические свойства.*

***Ключевые слова:** городская почва, листовой опад*

THE INFLUENCE OF URBAN TREE VEGETATION DEPOSITION ON CHANGES IN SOME PROPERTIES OF URBAN SOILS.

Pavlov V. Yu.

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after. A. N. Kostyakov, Moscow

***Abstract.** The paper Shows the effect of adding leaf litter from urban tree stands to the soil. The effect that occurs when it is decomposed into the soil and the effect on its individual agrochemical properties is studied.*

***Keywords:** urban soil, leaf litter*

Городские почвы имеют важное значение для создания зеленых насаждений и улучшения экологического состояния городов. Выполнение экологических функций почвы зависит от ряда показателей, одним из которых является содержание гумуса. В почвах, считающихся плодородными, его содержание должно быть не меньше 4%. Если в них содержание гумуса меньше 1%, то такие почвы считаются малоплодородными [4].

Так же для произрастания зеленых насаждений необходимы элементы минерального питания. Так для плодородных почв необходимо не менее 40 мг/кг минерального азота (сумма нитратного и аммонийного азота), и более чем по 200 мг/кг почвы подвижных форм фосфора и калия (P_2O_5 и K_2O). Очень низким является плодородие почв, если они содержат менее 30 мг/кг почвы подвижного фосфора, 40 мг/кг обменного калия и 20 мг/кг минерального азота [4].

Для того, чтобы создавать благоприятные условия для роста и развития растений в городах применяют многокомпонентный искусственный почвогрунт. Его расстилают слоем определенной толщины для создания плодородного субстрата определенной мощности, на котором могли бы расти растения [4]. Однако такие растения, как газонные травы, могут расти и на городской почве. Нужно только проводить мероприятия по ее улучшению.

Одним из необходимых условий образования плодородного гумусового горизонта почвы является поступление органики. В городе оно происходит за счет биомассы древесных растений в осенний период, во время листопада. Например, от одного дерева липы может образоваться 12,45 кг опада [10]. По Москве в целом за сезон его образуется $33341 м^3$ [8]. Растительные остатки (опавшие листья, трава) обычно удаляются из города. Несомненно, в местах сильного загрязнения воздуха выбросами автотранспорта и промышленности лист следует сгребать и вывозить на свалку [4]. Следует, однако, заметить, что в таком крупном мегаполисе как Москва содержание тяжелых металлов в растительных остатках не превышает ПДК, разработанных для данной категории отходов [9].

Полное изъятие растительных остатков из городской экосистемы не оправдано, т.к. это приводит к выносу органического вещества из почв [3]. Нарушается также процесс поступления в почву зольных элементов в процессе минерализации [5]. Наконец происходит омертвление почвы, гибель микроорганизмов, [7] выделяемые которыми вещества оказывают ростостимулирующее воздействие на растения (важный фактор плодородия). Логичнее было бы использовать опад древесных растений для окультуривания почв при истощении гумусового слоя, обеднении, ухудшении биологических свойств почвы. Тем более что процессы минерализации на городских почвах идут весьма интенсивно и нуждаются в притоке органики извне [2].

Так, в лесных почвах листва является основным источником гумуса. При разложении опада осины и березы соответственно 21,2% и 11,9% содержащегося в нем углерода переходит в его состав [1]. В городских условиях тоже возможно обогащение гумусового слоя.

Возможны различные способы утилизации городских растительных остатков. Их можно подвергать компостированию по отработанным технологиям (9).

Однако этот путь требует затрат. Возможную альтернативу представляет собой непосредственное внесение растительных остатков в почву.

Нами был проведен микроделяночный опыт по внесению листового опада в почву и наблюдение за его влиянием на нее.

Микроделяночный опыт по изучению внесения образующихся в городской черте растительных остатков в почву был заложен в сентябре 2001 года (24-27.09). Внесение растительных остатков было произведено путем укладывания на поверхность деленок слоем примерно 5 см (около 15 кг/м²) и покрытия сверху снятой здесь же почвой с целью моделирования условий поверхностного компостирования. Было заложено 6 деленок, каждая площадью 4 м². В августе 2002 года был произведен посев травосмеси следующего состава (вес каждого компонента указан на м²): овсяница красная – 6 г; кострец безостый – 6 г; райграс пастбищный 3 г; полевица белая – 8 г; тимофеевка луговая – 1 г; клевер белый – 10 г.

Всего было заложено 2 варианта опыта (каждый в 3-х повторностях):

1. Злаково-клеверная травосмесь на фоне растительных остатков.
2. Злаково-клеверная травосмесь на фоне растительных остатков + NPK (30 кг д.в./га) + обработка семян стимулятором роста и инокуляция их штаммами азотфиксирующих бактерий;

В качестве минерального удобрения в этом опыте использовалось комплексное удобрение – нитрофоска. Обработка семян производилась оксидатом гумата торфа, их инокуляция - препаратами азотфиксирующих бактерий (клевера – ризоторфином, злаков – смесью флавобактерина и бактосана).

В 2002 году из-за сильной засухи всхожесть была неудовлетворительной, поэтому в начале лета (16.06) 2003 года на деланках обеих вариантов произведен пересев.

На деланках обеих вариантов ежегодно отбирались пробы почвы. Определение органического углерода производилось по методу Тюрина, общего азота – по методу Кьельдаля, подвижного фосфора и обменного калия (только на варианте 1) – по методу Кирсанова [6].

Содержание органического углерода в почве на опытном участке составляет: в горизонте 0...10 см – 1,51%, в горизонте 10...20 см – 1,04% (Табл. 1). Таким образом, содержание гумуса в этих горизонтах составляет соответственно 2,6 и 1,79%.

При внесении листового опада за первый год содержание органического углерода в горизонте 0...10 см на соответствующих вариантах по сравнению с исходной почвой практически не изменилось, в горизонте 10...20 см увеличилось на 0,25...0,28% (варианты 1 и 2). Увеличение содержания органики на всех вариантах в нижележащем горизонте (10...20 см), возможно, объясняется перемешиванием почвы при ее обработке. На второй год на деланках с внесением листового опада разница с исходной почвой в содержании органического углерода в верхнем, (0...10 см) горизонте составила на варианте 2 – 0,22%, на варианте 1 – 0,25%.

На третий год опыта прирост содержания органического углерода составляет в слое почвы 0-10 см для варианта 1 – 0,09%, для варианта 2 несколько

больше – 0,21%. В слое почвы 10-20 см прирост органического углерода был несколько больше: соответственно 0,16 и 0,12%. Здесь несомненную роль играет развитие злаково-клеверной травосмеси, являющейся источником органического углерода для почвы. Также имеет значение внесение удобрений и обработка стимулятором, дающая больший прирост содержания органического углерода предположительно из-за улучшения роста растений.

Таблица 1 - Содержание органического углерода и общего азота в почве в разных вариантах микроделяночного опыта

Варианты опыта + глубина отбора	Содержание $C_{орг}$ по годам исследований, %				Содержание общего азота по годам исследований, %			
	2001	2002	2003	2004	2001	2002	2003	2004
Исходная почва 0...10 см	1,51	-	-	-	0,13	-	-	-
Исходная почва 10...20 см	1,04	-	-	-	0,09	-	-	-
Злаково-клеверная травосмесь + растительные остатки (вариант 1) 0...10 см	-	1,56	1,76	1,85	-	0,17	0,18	0,14
Злаково-клеверная травосмесь + растительные остатки (вариант 1) 10...20 см	-	1,32	1,34	1,5	-	0,13	0,13	-
Злаково-клеверная травосмесь + растительные остатки + NPK + стимулятор + инокуляция (вариант 2) 0...10 см	-	1,49	1,73	1,94	-	0,18	0,18	0,15
Злаково-клеверная травосмесь + растительные остатки + NPK + стимулятор + инокуляция (вариант 2) 10-20 см	-	1,29	1,34	1,46	-	0,15	0,12	-

При внесении растительных остатков произошло также некоторое обогащение почвы общим азотом (на варианте 1 – на 0,04%, на варианте 2 – на 0,05%). Однако в дальнейшем происходило только его снижение. Даже вариант с инокуляцией азотофиксаторами не повлиял на увеличение данного показателя. Столь нестабильный прирост происходит, возможно, из-за невысокого содержания в растительных остатках соединений азота, а также из-за минерали-

зации вследствие расхода большого их количества из-за развития микрофлоры и растений.

Содержание в исходной почве подвижного фосфора чрезвычайно высоко: в горизонте 0...10 см – 306 мг/кг; в горизонте 10...20 см – 210 мг/кг. Содержание калия в исходной почве опытного участка также значительно: в слое 0...10 см – 190мг/кг; на глубине 10...20 см – 97 мг/кг (Табл. 2). Это соответствует, в целом особенностям городских почв (5).

Внесение листового опада вызвало повышение содержания подвижного фосфора и обменного калия на глубине 0...10 см соответственно на 54 мг/кг и 21 мг/кг. На глубине 10...20 см повышение содержания данных показателей составило соответственно 107 мг/кг и 102 мг/кг. Это может быть объяснено перемешиванием слоев почвы при перекапывании. Последующее уменьшение содержания фосфора и калия может быть объяснено поглощением его растениями.

В целом можно сказать, что внесение в почву листового опада городских древесных растений увеличивает в почве содержание подвижных форм фосфора и калия, незначительно увеличивает содержание общего азота, и не очень сильно увеличивает содержание органического углерода, однако при последующем посеве трав происходит дальнейший его прирост.

Таблица 2 - Содержание подвижного фосфора и обменного калия в почве при заделке растительных остатков

Варианты опыта + глубина отбора	Содержание подвижного фосфора по годам исследований, мг/кг			Содержание обменного калия по годам исследований, мг/кг		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Исходная почва 0...10 см	306	-	-	190	-	-
Исходная почва 10...20 см	210	-	-	97	-	-
Злаково-клеверная травосмесь + растительные остатки (вариант 1) 0...10 см	-	360	350	-	211	176
Злаково-клеверная травосмесь + растительные остатки (вариант 1) 10...20 см	-	317	199	-	169	97

Список использованных источников

1. Ведрова Э. Ф. Разложение органического вещества лесных подстилок // Почвоведение. - 1997. - № 2. - С. 216-223.
2. Вовк О. Б., Орлов О. Л. Энергетика и функциональное состояние почв города // «Город. Почва. Экология». Сб. докладов 6-й Всероссийской конференция «Докучаевские молодежные чтения». С-Пб., 2003. С. 33.

3. Машинский Л. О. Город и природа. (Городские зеленые насаждения). - М.: Стройиздат, 1973. - 228с.
4. Постановление Правительства Москвы от 10.09.2002 N 743-ПП "Об утверждении Правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы". URL <https://www.mos.ru/eco/documents/control-activity/view/62960220/> (дата обращения 18.03.2020).
5. Почва, город, экология/ под ред. акад. Добровольского. - М., 1997. - 320 с.
6. Практикум по агрохимии/ В. Г. Сычев, О. А. Амелянчик, Т. Н. Большева и др.; под. ред. акад. В. Г. Минеева - М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2001. 689 с.
7. Смирнов В.В. Переработка древесно-растительных отходов городского хозяйства в органическое удобрение для его дальнейшего использования в целях оздоровления почвы // Экология большого города. - 1997. - Вып. 2. - с. 168-173.
8. Соломин И. А., Абрамов Н. Ф. Изготовление компоста и грунтов на его основе из древесно-растительных отходов Москвы// 4-я Межд. конф. «Проблемы управления качеством окружающей среды». Сб. докладов. - М., 1999. - С. 173-177.
9. Соломина О. И. Технология утилизации древесно-растительных отходов городской среды для рекультивации земель. Автореф. канд. дисс.. - М., 2004. - 23 с.
10. Фролов А. К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. - Спб.: Наука, 1998. - 328 с.

References

1. Vedrova E. F. Decomposition of organic matter of forest litter // Pedology. - 1997. - № 2. - Pp. 216-223.
2. Vovk O. B., Orlov O. L. power Engineering and functional state of city soils / / " City. Soil. Ecology": Collection of reports of the 6th all-Russian conference "Dokuchaev youth readings". S-Pb., 2003. P. 33.
3. Mashinsky L. O. City and nature. (Urban green spaces). - Moscow: stroizdat, 1973. - 228s.
4. Resolution of the Government of Moscow of 10.09.2002 N 743-PP "about the approval of Rules of creation, maintenance and protection of green spaces of the city of Moscow". URL <https://www.mos.ru/eco/documents/control-activity/view/62960220/> (accessed 18.03.2020).
5. Soil, city, ecology / ed. Acad. Dobrovolsky, Moscow, 1997, 320 p.
6. Practicum on Agrochemistry / V. G. Sychev, O. A. Amelianchik, T. N. Bolysheva and others; ed. Acad. Mineev V. G. - M.: Izd-vo Mosk. UN-TA, 2001. 689 p.
7. Smirnov V. V. Processing of wood and plant waste of urban economy into organic fertilizer for its further use in order to improve the soil // Ecology of a big city. - 1997. - Issue 2. - pp. 168-173.
8. Solomin I. A., Abramov N. F. Production of compost and soil based on it from wood-plant waste in Moscow// 4th International Conf. "Problems of environmental quality management", Collection of reports, Moscow, 1999, Pp. 173-177.
9. Solomina O. I. Technology of utilization of wood and plant waste of the urban environment for land recultivation. Abstract of dissertation for the degree of candidate of science. Moscow, 2004, 23 p.
10. Frolov A. K. The environment of a large city and the life of plants in it. - Saint Petersburg: Nauka, 1998. - 328 p.

СПОСОБ СОЗДАНИЯ СЕВООБОРОТА С МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ ПОЛИВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ГИДРОАГРОЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ

¹Сагаев А.А., ¹Алимбаев А.Н., ²Мустафаев Ж.С., ²Козыкеева А.Т.

¹Кызылординский государственный университет имени Коркыт-Ата, Кызылорда, Казахстан;

²Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

Аннотация. Разработан способ проектирования оросительной системы для севооборотного поля с мобильной техникой полива, обеспечивающий управление и регулирование почвообразовательным процессом гидроагроландшафтов. Способ заключается в проектировании гидроагроландшафтных систем с привязкой сельскохозяйственных культур севооборота к технике полива.

Ключевые слова: способ, система, техника, полив, культура, севооборот, орошение, почва, почвообразование, процесс

METHOD FOR CREATING CROP ROTATION WITH MOBILE IRRIGATION TECHNOLOGY FOR MANAGING AND REGULATING THE SOIL FORMATION PROCESS OF HYDRO AGRO LANDSCAPE SYSTEMS

¹Sagaev A.A., ¹Alimbaev A.N., ²Mustafayev Zh.S., ²Kozykeyeva A.T.

¹Kyzylorda State University named after Korkyt-At, Kyzylorda, Kazakhstan;

²Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

Abstract. A method for designing an irrigation system for a crop rotation field with mobile irrigation technology has been developed, which provides management and regulation of the soil-forming process of hydroagrolandscapes. The method consists in the design of hydro-agro-landscape with the binding of crop rotation crops to the irrigation technique.

Keywords: method, system, technique, irrigation, culture, crop rotation, irrigation, soil, soil formation, process

Введение

Основные положения новой стратегии использования водно-земельных ресурсов, независимо от социально-экономической обстановки, должны быть комплексными и базироваться на адаптивно-ландшафтном подходе, с использованием новейших достижений географов, экологов, почвоведов, агрономов и мелиораторов в области оптимизации природопользования и природообустройства [1,3,5,6].

Многоплановость и комплектность рассматриваемых задач позволяет пересмотреть стратегию использования водно-земельных ресурсов и разработать уникальный комплекс элементов систем диверсифицированного земледелия для каждого гидроагроландшафта и максимально адаптировать его к природно-ландшафтным и социально-экономическим условиям, а также с

применением надежных технологий возделывания сельскохозяйственных культур с учетом геоэкологических ограничений и устойчивого развития экономики региона.

Цель исследований – на основе геоэкологических ограничений, используемых при мелиорации сельскохозяйственных земель, разработать принципы создания мобильной оросительной системы, обеспечивающей направленность и интенсивность почвообразовательного процесса полей орошаемых севооборотов, с учетом технологических особенностей способов полива, используемых при возделывании сельскохозяйственных культур.

Задачи исследования – разработать технологический процесс, обеспечивающий целенаправленное регулирование почвообразовательного процесса на орошаемых полях путем проектирования севооборота и оросительной системы на мелиорируемых землях (гидроагроландшафтных системах) с привязкой сельскохозяйственных культур к технике полива, которая перемещается вместе с сельскохозяйственными культурами по ротационной схеме, принятой в севообороте. При этом обеспечивают максимально-возможное использование солнечной энергии на почвообразовательный процесс в конкретных природно-климатических условиях.

Материалы и методы исследований. Геоэкологические ограничения в целом на орошаемых массивах могут быть реализованы на основе планирования экологического водопотребления сельскохозяйственных культур, обеспечивающих максимальное использование потенциальных энергетических ресурсов природной системы на почвообразовательный процесс и почвенно-мелиоративной устойчивости почвенной системы для получения стабильной и качественной растениеводческой продукции. При этом основные принципы геоэкологических ограничений при мелиорации сельскохозяйственных земель - среднезвешенная оросительная норма сельскохозяйственных культур севооборота (O_p^{cp}) не должна превышать экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий ($O_p^э$) гидроагроландшафтных систем, которые определяют на основе затрат энергии солнечной радиации, то есть $O_p^{cp} \leq O_p^э$ или $O_p^{cp} / O_p^э = 1.0$ [6].

Таким образом, для агроэкологического обоснования оптимального состава и структуры севооборота, можно использовать следующую систему уравнений [6]:

$$\sum_{i=1}^n O_{pi} \cdot \alpha_i \leq O_p^э; \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1.0$$

где: O_{pi} - оросительная норма i -ой сопутствующей сельскохозяйственной культуры севооборота; α_i - доля участия i -ой сопутствующей сельскохозяйственной культуры севооборота.

Суммарные затраты энергии на почвообразование при одинаковых условиях увлажненности находятся в прямой зависимости от радиационного баланса [4] и критериев оценки потребностей почвообразовательного процесса в вод-

ных мелиорациях и выражаются гидротермическим коэффициентом («радиационный индекс сухости») [2]:

$$\bar{R} = R / (L \cdot O_c),$$

где: R – радиационный баланс поверхности почвы (кДж/см²); O_c - атмосферные осадки (мм); L - скрытая теплота парообразования (кДж/см² год на 1 мм слоя воды).

Другой важнейшей оценкой условий почвообразования являются затраты солнечной энергии на почвообразование (Q_n) [1]:

$$Q_n = R \cdot \exp(-\alpha \cdot \bar{R}),$$

где: α - коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы, равен 0,47.

При этом оптимальный почвообразовательный процесс в природе наблюдается, когда $\bar{R} = R / (L \cdot O_c) = 1,0$, в этом случае процессы массо- и энергопереноса сбалансированы, а почвы представлены различными типами черноземов. На основе этой позиции, экологическая оросительная норма сельскохозяйственных угодий (O_p^o) и гидротермический коэффициент («радиационный индекс сухости») орошаемых земель необходимо определить исходя из принципов, обеспечивающих сбалансированность тепла и влагопереноса на орошаемых землях, то есть [6]:

$$O_p^o = [R / \bar{R} \cdot L] - O_c \text{ и } \bar{R}_{oi} = R / [L \cdot (O_c + O_{pi})] = 1,0,$$

где: O_{pi} – оросительная норма i -ой сельскохозяйственной культуры.

Результаты исследований. На основе принципов мелиорации сельскохозяйственных земель, обеспечивающих повышение биологического круговорота и недопущения геологического круговорота воды, химических веществ и формирования почвообразовательного процесса в природных системах, разработан способ проектирования оросительной системы для севооборотного поля с мобильной техникой полива. Данный способ предназначен для управления и регулирования почвообразовательным процессом гидроагроландшафтных систем.

Сущность его заключается в том, что при проектировании гидроагроландшафтных систем сельскохозяйственные культуры севооборота приводятся с привязкой к технике полива, которая перемещается также по ротационной схеме орошаемого севооборота. При этом средние затраты солнечной энергии на почвообразовательный процесс должны соответствовать оптимальным затратам энергии на воспроизводство почвенного плодородия в конкретных природно-климатических условиях.

Следует отметить, что способы и технологии полива, используемые для орошения, должны соответствовать биологическим особенностям каждой

сельскохозяйственной культуры, входящей в состав севооборота, и экологическим требованиям, предъявляемым к мелиорации сельскохозяйственных земель.

Необходимо обеспечить не только рациональное использование водных ресурсов, но и создать условия для эффективного использования энергии солнечной радиации на почвообразовательный процесс [7]. Поэтому из-за технологических особенностей способов полива, применяемых на полях отдельных сельскохозяйственных культур, входящих в севооборот, необходимо обеспечить основные принципы геоэкологических ограничений в их ротационном периоде.

Особенности оросительной системы, предлагаемой для деградированных орошаемых земель в водосборах низовья реки Сырдарья, заключаются во взаимосвязи техники полива и трансформации севооборотов. При этом средние затраты энергии солнечной радиации на почвообразовательный процесс не должны быть меньше, чем оптимальные затраты энергии солнечной радиации в конкретных природно-климатических условиях.

Учитывая все вышеизложенные обстоятельства, аргументы и доводы в пользу способа создания севооборота с мобильной техникой полива, можно заключить, что он отвечает своему основному назначению – повышению затрат энергии на почвообразование, обеспечивающее воспроизводство почвенного плодородия и интенсивность биологического круговорота вещества, что в конечном итоге соответствует энергетическим ресурсам природной системы.

На основе предложенного способа создания севооборота с мобильной техникой полива для управления и регулирования почвообразовательного процесса гидроагроландшафтных систем выполнен прогнозный расчет для определения затрат энергии на почвообразование для каждого поля десятипольного севооборота на орошаемых массивах в условиях Кызылординской области (таблица 1).

Таблица 1 - Проектирование севооборота и технологической схемы оросительных систем на орошаемых землях (гидроагроландшафтных системах) Кызылординской области с привязками сельскохозяйственных культур к технике полива

№ поля	Сельскохозяйственные культуры в структуре севооборота	α_i	Способ и техника полива	Гидротермический показатель орошаемых земель		
				O_{pi}	\bar{R}_i	Q_{ni}
1	2	3	4	5	6	7
Овощные севообороты						
1	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
2	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
3	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
4	Картофель	0,10	По бороздам	7500,0	0,87	128,3
5	Картофель	0,10	По бороздам	7500,0	0,87	128,3

№ поля	Сельскохозяйственные культуры в структуре севооборота	α_i	Способ и техника полива	Гидротермический показатель орошаемых земель		
				O_{pi}	\bar{R}_i	Q_{ni}
1	2	3	4	5	6	7
6	Овощи	0,10	Капельное	2500,0	1,99	75,8
7	Бахчевые	0,10	Субирригация	0,000	5,55	13,6
8	Бахчевые	0,10	Субирригация	0,000	5,55	13,6
9	Кукуруза на зерно	0,10	Капельное	3500,0	1,58	93,3
10	Кукуруза на зерно	0,10	Капельное	3500,0	1,58	93,3
Среднее		1,00		5750,0	1,08	165,2
Кормовые севообороты						
1	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
2	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
3	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
4	Кукуруза на силос	0,10	Капельное	2900,0	4,52	23,3
5	Кукуруза на зерно	0,10	Капельное	3500,0	1,58	93,3
6	Кукуруза на зерно	0,10	Капельное	3500,0	1,58	93,3
7	Подсолнечник	0,10	По бороздам	5500,0	1,12	114,7
8	Подсолнечник	0,10	По бороздам	5500,0	1,12	114,7
9	Бахчевые	0,10	Субирригация	0,000	5,55	13,6
10	Бахчевые	0,10	Субирригация	0,000	5,55	13,6
Среднее		1,00		5390,0	1,14	112,8
Зерновые севообороты						
1	Яровая пшеница	0,10	Дождевание	4550,0	1,30	105,0
2	Яровая пшеница	0,10	Дождевание	4550,0	1,30	105,0
3	Озимая пшеница	0,10	Дождевание	4000,0	1,44	97,2
4	Озимая пшеница	0,10	Дождевание	4000,0	1,44	97,2
5	Подсолнечник	0,10	Капельное	2500,0	1,99	75,3
6	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
7	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
8	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
9	Бахчевые	0,10	Субирригация	0,000	5,55	13,6
10	Бахчевые	0,10	Субирригация	0,000	5,55	13,6
Среднее		1,00		5260,0	1,17	112,8
Рисовые севообороты						
1	Рис	0,10	По полосам	22000,0	0,33	165,2
2	Рис	0,10	По полосам	22000,0	0,33	165,2
3	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
4	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
5	Многолетние травы	0,10	По бороздам	11000,0	0,63	143,8
6	Пшеница	0,10	Дождевание	4550,0	1,30	105,0
7	Кукуруза на зерно	0,10	Капельное	3500,0	1,58	93,3

№ поля	Сельскохозяйственные культуры в структуре севооборота	α_i	Способ и техника полива	Гидротермический показатель орошаемых земель		
				O_{pi}	\bar{R}_i	Q_{ni}
1	2	3	4	5	6	7
8	Кукуруза на зерно	0,10	Капельное	3500,0	1,58	93,3
9	Бахчевые	0,10	Субирригация	0,000	5,55	13,6
10	Бахчевые	0,10	Субирригация	0,000	5,55	13,6
Среднее		1,00		8855,0	0,76	134,1

По данным многолетних данных метеорологических станций Арал, Казалы, Жосалы, Кызылорда, Шиели и Аккум, расположенных в водосборах низовья реки Сырдарьи в разрезе районов Кызылординской области, среднее значение атмосферных осадков (O_c) 140,0 мм и средний многолетний радиационный баланс поверхности почвы (R_i) 194,4 кДж/см², а естественный гидротермический коэффициент (\bar{R}_i), характеризующий сбалансированность тепла и влаги, равен 5,55.

Таким образом, на основе внедрения десятипольных севооборотов на орошаемых массивах Кызылординской области среднее значение оросительных норм можно формировать в пределах экологических норм водопотребности сельскохозяйственных угодий, а за счет регулирования гидротермического показателя орошаемых земель можно обеспечить повышение затрат энергии солнечной радиации на почвообразовательный процесс, то есть значения показателей определяются составом и структурой севооборота:

- в овощных севооборотах средняя оросительная норма (O_{pi}) 5750,0 м³/га, гидротермический показатель (\bar{R}_i) 1,08 и затраты энергии солнечной радиации на почвообразовательный процесс (Q_{ni}) 165,2 кДж/см²;

- в кормовых севооборотах средняя оросительная норма (O_{pi}) 5390,0 м³/га, гидротермический показатель (\bar{R}_i) 1,14 и затраты энергии солнечной радиации на почвообразовательный процесс (Q_{ni}) 112,8 кДж/см²;

- в зерновых севооборотах средняя оросительная норма (O_{pi}) 5260,0 м³/га, гидротермический показатель (\bar{R}_i) 1,17 и затраты энергии солнечной радиации на почвообразовательный процесс (Q_{ni}) 112,8 кДж/см²;

- в рисовых севооборотах средняя оросительная норма (O_{pi}) 8855,0 м³/га, гидротермический показатель (\bar{R}_i) 0,76 и затраты энергии солнечной радиации на почвообразовательный процесс (Q_{ni}) 134,1 кДж/см².

Выводы. Создание оросительных систем для севооборотного поля с мобильной техникой полива для управления и регулирования почвообразовательного процесса гидроагроландшафтных систем обеспечивает:

- повышение интенсивности почвообразовательного процесса за счет регулирования затрат энергии;

- повышение интенсивности биологического круговорота воды и веществ за счет сбалансированности режима увлажнения почвы в процессе чередования сельскохозяйственных культур в севообороте;

- биологическую устойчивость продуктивности сельскохозяйственных культур в процессе чередования их в севообороте.

Список использованных источников

1. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов, орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. -М.: Агропромиздат, 1990.- 60 с.
2. Будыко М.И. Климат и жизнь. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 470 с.
3. Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Сухарев Ю.И. Ресурсно-экологическая оценка рисовых агроландшафтов Сарпинской низменности // Природообустройство. – 2016. - №2. - С. 55-61.
4. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. - М.: Наука, 1974. - 128 с.
5. Кирейчева Л.В., Белова И.В., Карпенко Н.П., Адьяев С.Б., Дедова Э.Б., Кониева Г.Н. Технологии управления продукционным потенциалом мелиорируемого агроландшафта в различных регионах Российской Федерации - М.: ВНИИГиМ, 2008. - 81 с.
6. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. - Тараз, 2012. - 528 с.
7. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Сагаев А.А., Алимбаев Е.Н. Геоэкологические ограничения средообразующей деятельности гидроагроландшафтных систем в низовьях реки Сырдарья // Вопросы географии и экологии, 2019. - №4. - С. 65-71.

References

1. Aidarov I. P., Golovanov A. I., Nikolsky Yu. N. Optimization of reclamation regimes, irrigated and drained agricultural land. - Moscow: Agropromizdat, 1990. - 60 p.
2. Budyko M. I. Climate and life. - L.: Hydrometeoizdat, 1971. - 470 p.
3. Borodychev V. V., Dedova E. B., Sukharev Yu. I. Resource and environmental assessment of rice agricultural landscapes of the Sarpinsk lowland // Nature Management, 2016, No. 2, Pp. 55-61.
4. Volobuev V. R. Introduction to the power engineering of soil formation. - Moscow: Nauka, 1974. - 128 p.
5. Kireicheva L. V., Belova I. V., Karpenko N. P., Adyaev S. B., Dedova E. B., Konieva G. N. Technologies for managing the production potential of reclaimed agricultural landscape in various regions of the Russian Federation - Moscow: Vniigim, 2008. - 81 p.
6. Mustafayev Zh. S., Ryabtsev A.D. Adaptive landscape land reclamation in Kazakhstan. Taraz, 2012, 528 p.
7. Mustafayev Zh. S., Kozykeeva A. T., Sagaev A. A., Alimbayev E. N. Geocological restrictions of environmental activity of hydroagroland landscape systems in the lower reaches of the Syr Darya river // Questions of geography and ecology, 2019, N 4, Pp. 65-71.

УДК 631.61: 631.17: 620.9

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.10.86.044

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЕВОДСТВА ПОД ИСКУССТВЕННЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Сельмен В.Н.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Мещерский филиал, г. Рязань, Россия

Аннотация. Для освоения северо-восточных регионов нашей страны требуется разработка технологий круглогодичного конвейерного выращивания растениеводческой продукции

под искусственным освещением в закрытых помещениях. Энергетический объем продукции растениеводства в 13,2 раза меньше объемов добытой и произведенной в стране энергии. Рассчитана потребность в энергетических ресурсах для растениеводства под искусственным освещением.

Ключевые слова: освоение неудобных земель, освоение Арктики и северо-восточных регионов, светокультура, конвейерная светоустановка, энергетика

ENERGY NEEDS OF PLANT CROPS UNDER IS-ARTIFICIAL LIGHTING

Selmen V.N.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation,
Meshchersky branch, Ryazan, Russia

Abstract. *For the development of the north-eastern regions of our country, the development of technologies for year-round conveyor growing of crop products under artificial lighting in enclosed spaces is required. The energy volume of crop production is 13.2 times less than the volume of energy extracted and produced in the country. The need for energy resources for plant growing under artificial lighting is calculated.*

Keywords: *development of inconvenient lands, development of the Arctic and northeastern regions, light culture, conveyor lighting, energy*

Главная задача мелиорации – организовать производство сельскохозяйственной продукции в тех местах, где раньше производить ее было невозможно. Три четверти территории нашей страны, Арктика и северо-восточные ее регионы, по почвенно-климатическим условиям для ведения традиционного сельского хозяйства непригодны. Однако там расположены основные запасы полезных ископаемых и главного ресурса будущего - пресной воды. Северо-восточные регионы нужно активно заселять и осваивать, а для прибывающего населения следует создать продовольственную базу. Требуется разработка нетрадиционных способов производства продовольствия и, в частности, выращивание растениеводческой продукции в светокультуре - в закрытых помещениях под искусственным освещением.

Для вывода о перспективности выращивания под искусственным освещением следует сопоставить объемы производства продукции энергетики и сельского хозяйства [1] в натуральных и энергетических единицах. Такой единицей является джоуль, его кратная величина тераджоуль (ТДж) - триллион джоулей. В джоулях измеряются произведенная работа, кинетическая и потенциальная энергия, теплота. Данные анализа оценки в сравнимых единицах приведены в таблице 1.

В таблице данные по кормовым культурам и селу представлены по данным 2011 года. Впоследствии данные о валовых сборах и урожайности кормовых культур перестали отражаться в статистической отчетности. Из таблицы следует, что в 2018 году добыча углеводородов и производство первичной электроэнергии – 63515040 ТДж в 13,2 раза превосходят всю производимую в стране товарную и побочную продукцию растениеводства – 4804855 ТДж. Мы безвозвратно используем накопленные за счет фотосинтеза в предыдущие исторические эпохи запасы углеводородов, которые иссякнут в ближайшем будущем.

Таблица 1 - Оценка продукции энергетики и растениеводства Российской Федерации в 2018 году в сопоставимых единицах

Виды добытой и произведенной продукции	Производство в традиционных единицах измерения	Энергетический объем продукции, ТДж	В % к производству энергии в стране
Энергетика	-	63515040	100
в т.ч. уголь	440 млн. т	12896400	20,30
нефть	556 млн. т	23278052	36,65
природный газ	691 млрд. м ³	25906708	40,79
эл. энергия ГЭС и АЭС	397 млрд. кВт·ч	1429200	2,25
возобн. источники энергии	1,3 млрд. кВт·ч	4680	0,007
Продукция растениеводства	-	4804855	7,56
в т. ч. зерновые	113,3 млн. т	2134686	3,36
солома зерновых культур	113,3 млн. т	1574870	2,48
масличные культуры	19,5 млн. т	461994	0,73
сахарная свекла	42,1 млн. т	202080	0,32
картофель	22,4 млн. т	77728	0,12
овощи	13,3 млн. т	17632	0,03
плоды, ягоды, виноград	4,0 млн. т	8005	0,01
кукуруза на силос	23,0 млн. т	93127	0,16
кормовые корнеплоды	1,3 млн. т	5720	0,01
сено многолетних трав	9,9 млн. т	95416	0,16
сено однолетних трав	1,6 млн. т	15050	0,03
сено естеств. сенокосов	12,3 млн. т	118547	0,20

Из страны экспортируется 74% от добычи нефти, 49% добычи угля, 32% природного газа, 2% электроэнергии [1]. В целом из общего количества добытой и произведенной в стране энергии экспортируется 49%. В сельскохозяйственном производстве используется менее 1% произведенной в стране энергии. Из приведенных данных видно, что имеются все возможности для разрешения энергетических проблем сельскохозяйственного производства.

Встает вопрос, а какое количество энергии потребуется для производства всей растениеводческой продукции страны в искусственных условиях? У фотосинтеза очень низок КПД, составляет для полевых культур от 0,5 до 2,0%. При соблюдении всех агротехнических требований и выходе на потенциальный урожай сорта КПД фотосинтеза в поле достигает 3,5% и более [2].

В тепличном овощеводстве КПД фотосинтеза составляет 3%, а в некоторых случаях достигает – 5%. Исследования показали, что в условиях интенсивной светокультуры при выращивании растений на пленочной корнеобитаемой среде, при неограниченном снабжении корней водой, минеральными веществами и воздухом, КПД фотосинтеза в период налива плодов достигает 9...11% [3]. Для расчетов необходимого количества энергии для искусственного осве-

щения, при условии создания и отработки соответствующих технологий светокультуры по каждому виду растений, принимаем КПД фотосинтеза 10%.

Следовательно, для производства всей основной и побочной продукции растениеводства в нашей стране в количестве 4804855 ТДж в искусственных условиях, в виде света на растения должно поступить в 10 раз большее количество энергии – 48048550 ТДж. Светодиодные лампы имеют КПД по преобразованию электроэнергии в свет – 60%. Общая потребность в электроэнергии в случае применения светодиодных светильников составит 80080916 ТДж. Имеются разработки по освещению растений пульсирующим облучением с частотой 50 герц, соответствующей продолжительности темновой стадии фотосинтеза. Затраты электроэнергии на освещение снижаются в 2 раза [4]. В случае использования этих разработок затраты электроэнергии на искусственное освещение также снизятся в 2 раза, а затраты энергии составят 40040458 ТДж или 63% от всей произведенной в стране в 2018 году энергии. В настоящее время это нереально.

Однако для отдельных отраслей, например, овощеводства, переход на полное производство в искусственных условиях потребует 146933 ТДж или 0,2% от годового производства энергии в стране, для картофеля 647733 ТДж или 1,0%.

В случае критических ситуаций с производством растениеводческой продукции в открытом грунте уже сейчас можно найти энергетические резервы (экспорт 49%) на частичное производство растениеводческой продукции в искусственных условиях.

Посевные площади, составлявшие в 1989 году 119,1 млн. га, сократились до 79,6 млн. га в 2018 году или на 33%. Эти земли надо восстанавливать в сельскохозяйственном использовании. Новые же земли в стране для традиционного сельского хозяйства найти трудно, особенно, в северо-восточных регионах, которые надо заселять и осваивать, где вечная мерзлота, тундра, тайга, болота, горы.

Ситуация с энергетикой более оптимистична, несмотря на общемировой кризис с запасами углеводородов, есть возможность решения вопроса за счет перехода на возобновляемые источники энергии. В настоящее время доля электроэнергии нетиповых электростанций (ветровые, приливные, геотермальные электростанции, солнечные батареи и т. д.) в нашей стране ничтожна – 0,007% [1]. В других странах эти направления активно развиваются. В перспективе развитие экологически чистой водородной энергетики, основанной на каталитическом разложении воды на водород и кислород с последующим сжиганием полученного водорода. Главное направление – овладение термоядерными процессами, которые дадут нам в руки неограниченные запасы энергии.

До розетки массового потребителя термоядерная энергия дойдет к середине 21 века. К этому времени нужно отработать технологические процессы выращивания сельскохозяйственных растений на конвейерных светоустановках под искусственным освещением в закрытых помещениях. В этом случае возможно круглогодичное получение растениеводческой продукции в любых регионах нашей страны, вне зависимости от складывающихся погодных условий.

Для выращивания растений в условиях светокультуры потребуются большие научно-исследовательские работы по подбору оптимальных и экономически оправданных режимов искусственного освещения по различным видам сельскохозяйственных культур и их сортам. Работы в этом направлении ведутся и в Мещерском филиале ВНИИГиМ [5,6].

Нужно создавать машины и оборудование для массового производства растениеводческой продукции в условиях светокультуры. Мы считаем, что лучшим технологическим решением организации производственных процессов в условиях искусственного освещения является использование полученного нами патента RU № 2258352 на многоярусную конвейерную светоустановку для выращивания предбазисного оздоровленного семенного картофеля и другой сельскохозяйственной продукции [7].

Можно надеяться, что затраты труда и материальных средств на единицу произведенной продукции за счет автоматизации, роботизации и постоянного круглогодичного использования оборудования, а также применения энергосберегающих технологий и поиска альтернативных источников энергии, смогут оказаться ниже, чем затраты технологий традиционного земледелия.

Список использованных источников

1. Россия в цифрах. 2019: Краткий статистический сборник. - М.: Росстат, 2019. - 549 с.
2. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Росагропромиздат, 1989. - 368 с.
3. Брызгалов В.А., Советкина В.Е., Савинова Н.И. Овощеводство защищенного грунта / Под ред. В.А. Брызгалова. - Л.: Колос, 1983. - 352 с.
4. Кондратьева Н.П. Повышение эффективности электрооблучения растений в защищенном грунте // Дисс. докт. техн. наук. - М., 2003.
5. Сельмен В.Н., Ильинский А.В., Виноградов Д.В. Влияние светодиодных ламп на образование фитомассы растений // Вестник Рязанского агротехнологического университета имени П.А. Костычева. - 2018. - № 4 (40). - С. 46 - 52.
6. Сельмен В.Н. Растениеводство без поля // Сельский механизатор. - 2019. - № 10. - С. 34 - 35.
7. Сельмен В.Н., Поляков А.В., Пыленок П.И., Сидоров И.В. Многоярусная светоустановка для выращивания предбазисного оздоровленного семенного картофеля и другой сельскохозяйственной продукции // Патент РФ № 2258352, МПК А 01 G 9/24, А 01 G 31/02; заявка № 2003119943/12 от 04.07.2003, опубликовано 20.08.2005. - Бюл. № 23. - 10 с.

References

1. Russia in numbers. 2019: Short statistical collection. - Moscow: Rosstat, 2019. - 549 p.
2. Kayumov M. K. Programming productivity of field crops: Handbook. - 2nd ed., revised and additional-Moscow: Rosagropromizdat, 1989. - 368 p.
3. Bryzgalov V. A., Sovetkina V. E., Savinova N. I. Vegetable growing of protected soil / Edited By V. A. Bryzgalov. - L.: Kolos, 1983. - 352 p.
4. Kondratieva N. P. Improving the efficiency of electric radiation of plants in protected soil // Dissertation of the doctor of technical Sciences, Moscow, 2003.
5. Selmen V. N., Ilinsky A.V., Vinogradov D. V. Influence of led lamps on the formation of plant phytomass // Bulletin of the Ryazan agrotechnological University named after p. A. Kostychev. - 2018. - № 4 (40). - Pp. 46-52.
6. Selmen V. N. plant Growing without a field // Rural mechanizer. - 2019. - № 10. - P. 34-35.

7. Selmen V. N., Polyakov A.V., Pylenok P. I., Sidorov I. V. Multi-Tiered lighting system for growing pre-base improved seed potatoes and other agricultural products // Russian patent no. 2258352, IPC A 01 G 9/24, A 01 G 31/02; application no. 2003119943/12 dated 04.07.2003, published 20.08.2005. - Byul . no. 23. - 10 p.

УДК 631.8; 631.452; 631.41

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.53.22.045

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И МЕЛИОРАНТОВ

Сычев В.Г., Налиухин А.Н.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, г. Москва, Россия

Аннотация. В работе приведена оценка плодородия осушенной и орошаемой пашины по основным агрохимическим показателям почвы – кислотности, содержанию подвижного фосфора и обменного калия. На основе результатов длительных полевых опытов Географической сети с удобрениями показана необходимость применения удобрений и агрохимических мелиорантов на мелиорированных почвах.

Ключевые слова: почва, плодородие, агрохимическая мелиорация, Географическая сеть опытов с удобрениями, длительные полевые опыты, урожайность

AGROCHEMICAL PROPERTY AND PRODUCTIVITY OF MELIORATED SOILS AT AT FERTILIZERS AND MELIORANTS APPLICATION

Sychev V.G., Naliukhin A.N.

D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, Moscow, Russia

Abstract. The article shows the evaluation of fertility drained and irrigated land on main agrochemical properties - the soil acidity, content of available phosphorus and potassium. Based on the results of long-term field experiments of the Geographic Network with fertilizers, the need for the use of fertilizers and agrochemical reclamation agents on reclaimed soils is shown.

Keywords: soil, fertility, agrochemical reclamation, Geographic Network with fertilizers, long-term field experiments, productivity

Уровень почвенного плодородия предопределяет продуктивность сельскохозяйственных культур, а также устойчивость агроэкосистем в целом. Для сохранения и повышения плодородия почв наиболее эффективно проведение комплексного агрохимического окультуривания, включающего применение химических мелиорантов, органических и минеральных удобрений [7]. Химическая мелиорация позволяет регулировать катионный состав почвенно-поглощающего комплекса путем замены водорода, алюминия, железа, марганца в кислых почвах и натрия в щелочных, на кальций [10]. С этой целью избыточную кислотность почв устраняют известкованием, а щелочность – гипсованием. Проведение агрохиммелиорации всегда должно предшествовать внесению других видов удобрений [9].

В последние три десятилетия значительно уменьшились объемы мелиоративных работ. Существенно сократились объемы известкования, фосфоритования, гипсования, что способствовало дальнейшему развитию процессов подкисления, осолонцевания, дегумификации ранее мелиорированной (осушенной и орошаемой) пашни [5,7]. Как показывают результаты агрохимического обследования земель сельскохозяйственных угодий Российской Федерации [6], почти половина площадей осушенной пашни – 46%, имеет кислую реакцию среды и нуждается в обязательном известковании (табл. 1).

Наибольшая доля почв с $pH_{KCl} < 5,5$ приходится на Уральский и Дальневосточный Федеральные округа. Под орошаемую пашню обычно отводят наиболее плодородные почвы, но и здесь ситуация непростая. Особенно большая доля кислых почв, находящихся под орошением, в ЦФО и ДФО. На таких почвах без известкования эффективность применяемых органических и минеральных удобрений значительно снижается. Именно внесение кальций- и магнийсодержащих известковых удобрений позволяет добиться максимально возможной продуктивности мелиорированных земель.

В большинстве федеральных округов на осушенной пашне преобладают почвы со средним и повышенным содержанием подвижного фосфора (табл. 2).

Таблица 1 – Распределение осушенной и орошаемой пашни Российской Федерации по степени кислотности почв, % [6]

Федеральный округ	pH_{KCl}					Итого кислых почв с $pH < 5,5$
	4,0-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	>6,0	
Осушенная пашня						
Северо-Западный	2,9	10,3	23,6	29,9	33,3	36,8
Центральный	4,6	13,5	29,9	33,0	19,0	48,0
Южный	22,4	19,8	12,1	12,9	32,8	54,3
Приволжский	10,1	21,9	26,8	22,3	18,9	58,8
Уральский	6,7	19,2	35,6	23,1	15,4	61,5
Сибирский	-	1,4	10,1	43,9	44,6	11,5
Дальневосточный	16,1	28,9	29,9	15,6	9,5	74,9
Российская Федерация	5,7	14,5	25,8	27,9	26,1	46,0
Орошаемая пашня						
Северо-Западный	-	2,0	7,1	20,2	70,7	9,1
Центральный	1,5	14,8	34,1	26,4	23,2	50,4
Южный	-	0,9	4,9	8,3	85,9	5,8
Северо-Кавказский	-	0,6	0,6	2,2	96,6	1,2
Приволжский	1,1	8,0	17,1	11,2	62,6	26,2
Уральский	6,4	18,7	34,5	25,7	14,7	59,6
Сибирский	0,4	1,1	4,7	59,5	34,3	6,2
Дальневосточный	26,8	40,4	15,4	8,2	9,2	82,6
Российская Федерация	1,5	6,0	11,2	14,6	66,7	18,7

Исключение составляют Южный и Дальневосточный Федеральные округа, где доля почв с низким и очень низким содержанием P_2O_5 составляет 51,7 и

45,6% обследованной пашни соответственно. Именно здесь необходимо проводить фосфоритование кислых, бедных фосфором почв. Внесение фосфоритной муки является одним из самых действенных приемов повышения содержания фосфора в почве. С учетом того, что после добычи, фракционирования и размола ее вносят непосредственно на поля, вблизи залежей фосфоритов такой прием экономически выгоден и должен снова войти в широкую практику сельхозтоваропроизводителей.

Орошаемая пашня значительно лучше обеспечена подвижным фосфором, за исключением Дальневосточного Федерального округа, при этом большая доля почв имеет содержание P_2O_5 от среднего до очень высокого уровня.

При высокой обеспеченности почв фосфором под большинство сельскохозяйственных культур можно ограничиться припосевным внесением фосфорных удобрений.

Следует отметить, что орошаемая пашня имеет также и более высокое содержание подвижного калия по сравнению с осушенной (табл. 3).

Таблица 2 – Распределение осушенной и орошаемой пашни Российской Федерации по содержанию подвижного фосфора*, % [6]

Федеральный округ	Группировка почв по содержанию подвижного фосфора					
	очень низкое	низкое	среднее	высокое	повышенное	очень высокое
Осушенная пашня						
Северо-Западный	1,3	7,7	22,7	21,2	30,5	16,6
Центральный	2,2	9,0	26,1	24,6	26,6	11,5
Южный	19,0	32,7	25,8	6,9	7,8	7,8
Приволжский	2,4	12,6	30,3	20,3	21,8	12,6
Уральский	11,5	15,4	26,9	16,4	17,3	12,5
Сибирский	0,7	3,6	12,9	50,4	22,3	10,1
Дальневосточный	18,0	27,6	20,7	11,5	14,1	8,1
Российская Федерация	3,6	10,9	24,2	20,8	26,5	14,0
Орошаемая пашня						
Северо-Западный	-	1,0	5,1	10,1	23,2	60,6
Центральный	0,7	6,5	28,0	24,6	20,2	20,0
Южный	2,5	11,2	18,1	21,6	27,3	19,3
Северо-Кавказский	10,1	16,9	45,2	14,8	7,2	5,8
Приволжский	2,9	13,5	27,1	24,5	20,1	11,9
Уральский	9,1	13,1	37,2	14,4	14,2	12,0
Сибирский	1,9	9,8	38,9	26,3	12,4	10,7
Дальневосточный	14,1	33,6	19,2	13,4	12,2	7,5
Российская Федерация	4,7	13,4	30,8	21,1	17,3	12,7

*Примечание: в зависимости от типа почв и их кислотности определение подвижного фосфора и калия проводили: в зоне дерново-подзолистых и серых лесных почв – по методу Кирсанова, не карбонатных черноземов – по Чирикову, в зоне карбонатных почв (черноземы, каштановые почвы) – по методу Мачигина

Так, в среднем по стране, доля почв с низким содержанием калием составляет 10,8 и 28,7% для орошаемых и осушенных земель соответственно. Почвы с

очень низким и низким содержанием подвижного K_2O в осушенной пашне преобладают в Центральном (42,8%) и Дальневосточном Федеральных округах (33,0%).

В целом, необходимо уделить серьезное внимание химической мелиорации осушенных и орошаемых земель, поскольку без данных приемов невозможно добиться максимальной продуктивности мелиорируемой пашни.

Существуют значительные резервы повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур за счет научно обоснованного внесения удобрений на мелиорируемых почвах. Об этом свидетельствуют результаты, полученные в Географической сети полевых опытов с удобрениями, координатором которых является Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова [7].

Так, например, на Кировской лугоболотной опытной станции за 44 года исследований среднегодовая урожайность долголетнего злакового травостоя на осушенном низинном выработанном торфянике составляла 14,9 т/га сухого вещества [8]. При внесении фосфорно-калийных удобрений в дозе $P_{60}K_{120}$ продуктивность травостоя составляла 37,7 ц/га, а дополнительное внесение азота в дозе N_{90} способствовало повышению урожая до 83,4 ц/га. Таким образом, наблюдался последовательный рост урожайности травостоя в 2,5 и 5,6 раза соответственно.

Таблица 3 – Распределение осушенной и орошаемой пашни Российской Федерации по содержанию подвижного калия, % [6]

Федеральный округ	Группировка почв по содержанию подвижного калия					
	очень низкое	низкое	среднее	высокое	повышенное	очень высокое
Осушенная пашня						
Северо-Западный	4,0	20,8	25,8	23,0	20,3	6,1
Центральный	4,7	38,1	32,3	17,5	5,7	1,7
Южный	-	18,1	31,0	38,8	8,6	3,5
Приволжский	2,2	21,0	36,5	23,3	12,1	4,9
Уральский	-	12,5	32,7	28,8	17,3	8,7
Сибирский	-	5,8	25,2	32,4	35,2	1,4
Дальневосточный	6,6	26,4	32,2	17,8	10,2	6,8
Российская Федерация	4,1	24,6	29,3	21,6	15,3	5,1
Орошаемая пашня						
Северо-Западный	8,1	19,2	32,3	17,2	14,1	9,1
Центральный	0,8	7,1	28,1	34,0	20,4	9,6
Южный	1,3	20,0	22,6	29,1	22,4	4,6
Северо-Кавказский	3,0	5,4	31,7	28,3	23,5	8,1
Приволжский	0,2	5,6	26,2	24,8	32,2	11,0
Уральский	0,3	10,4	41,5	25,1	15,5	7,2
Сибирский	0,7	7,4	11,6	16,5	26,7	37,1
Дальневосточный	0,6	20,3	31,5	25,0	15,3	7,3
Российская Федерация	1,3	9,5	26,1	26,7	25,3	11,1

Высокий эффект оказывало внесение калийного удобрения - 160% к фону $N_{120}P_{60}$ (при дозе K_{180}). При низком содержании подвижного фосфора в торфяно-болотной почве также наблюдалась высокая эффективность фосфорного удобрения. Х.Х. Шельменкина отмечает, что лугопастбищные экосистемы позволяют сократить затраты на коренное улучшение и сохранить плодородие выработанного низинного торфяника [8].

Следует отметить, что даже при возделывании многолетних трав и внесение оптимальных доз минеральных удобрений происходит ежегодная сработка торфа со скоростью 0,5 см в год, поэтому даже при самом «щадящем» режиме использования торфяных залежей для выращивания культур они могут исчезнуть. Необходимо ограничить осушение торфяных почв, так как постепенно утрачивается их плодородие и водоаккумулирующая способность. Эти негативные процессы нельзя остановить, их можно лишь замедлить [1].

Высокий эффект оказывают удобрения и при орошении в длительном стационарном опыте Кабардино-Балкарского научного центра РАН, заложенного в 1949 году на черноземе обыкновенном карбонатном тяжелосуглинистом. Без внесения удобрений в условиях богарной пашни продуктивность севооборота составила 19,2 ц з.ед./га. При орошении совместное внесение навоза с $N_{44}P_{42}K_{24}$ способствовало последовательному росту продуктивности севооборота до 51,1 ц з.ед./га [2].

Как показали многочисленные исследования, максимальный эффект от применения минеральных и органических удобрений, в зоне дерново-подзолистых почв, проявляется при известковании [9]. В стационарном опыте Вологодской ГМХА в условиях Северного Нечерноземья [3] наибольшая продуктивность культур 5-ти польного севооборота наблюдалась при совместном внесении компоста КРС и минеральных удобрений на фоне известкования (рис.).

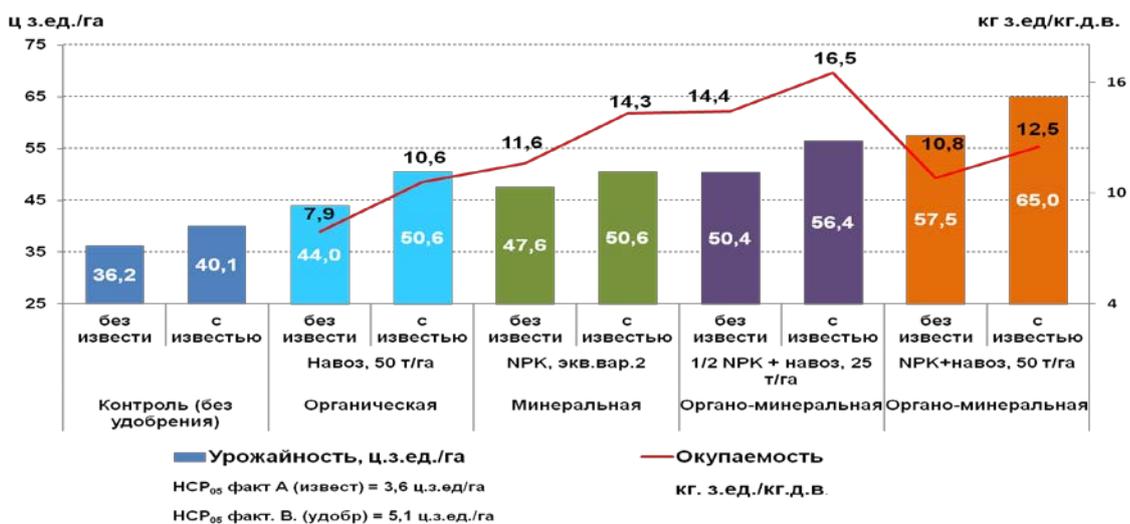


Рисунок – Влияние системы удобрений на урожайность культур (ц з.ед./га) и окупаемость удобрений в условиях Северного Нечерноземья (стационарный опыт Вологодской ГМХА)

Внесение полных доз навоза и NPK на известкованном фоне повышало среднегодовую продуктивность севооборота до 65,0 ц з.ед./га, что в 1,8 раза выше, чем на неудобренном фоне (контроль). При этом экономически целесообразным являлось применение половинных доз навоза и NPK при внесении CaCO_3 , обеспечивающее получение урожайности 56,4 ц з.ед./га при максимальной окупаемости удобрений (16,5 кг з.ед. на 1 кг NPK) [4].

Таким образом, исследования в длительных стационарных опытах показывают, что применение химических мелиорантов, минеральных и органических удобрений позволяет существенно повысить продуктивность культур как на осушенной, так и на орошаемой пашне. Недооценка агрохиммелиорации и внесения удобрений ведет к значительному недобору урожайности, снижению уровня плодородия мелиорированных почв и их деградации.

Список использованных источников

1. Глубоковских А.Л. Продуктивность сельскохозяйственных культур и их влияние на торфяно-болотную почву в условиях южной тайги Кировской области / 75 лет Географической сети опытов с удобрениями. Мат-лы Всероссийск. совещ. научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИА, 2018. С. 80-85.
2. Лифаненкова Т.П., Бижоев Р.В. Влияние систематического применения удобрений в условиях богары и при длительном орошении на урожайность культур, продуктивность зерно-травянопропашного севооборота и плодородие чернозема обыкновенного карбонатного в агроландшафтном земледелии Центрального Предкавказья // Агрохимия. 2018. № 4. С. 3-17.
3. Налиухин А.Н., Белозеров Д.А., Ерегин А.В. Изменение агрохимических показателей дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивности культур севооборота при применении различных систем удобрения // Земледелие. 2018. № 8. С. 3-7.
4. Налиухин А.Н., Мерзлая Г.Е., Максимова А.С., Силуянова О.В., Белозеров Д.А., Ерегин А.В. Эффективность органических и минеральных удобрений при известковании дерново-подзолистой почвы // Плодородие. 2018. № 2 (101). С. 42-45.
5. Национальный атлас почв Российской Федерации / Под общей редакцией С.А. Шобы. М.: Издательство «Астрель», 2011. 632 с.
6. Сычев В.Г., Ефремов Е.Н., Лунев М.И., Кузнецов А.В., Павлихина А.В., Чекмарев П.А., Васильева Н.М. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. Реестр плодородия почв. М.: ВНИИА, 2013. 208 с.
7. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. М.: РАН, 2019. 328 с.
8. Шельменкина Х.Х. Эффективность длительного применения минерального удобрения в полевом стационаре на выработанной торфяной почве в условиях южной тайги Кировской области / 75 лет Географической сети опытов с удобрениями. Мат-лы Всероссийск. совещ. научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИА, 2018. С. 377-391.
9. Шильников И.А., Сычев В.Г., Зеленов Н.А., Аканова Н.И., Федотова Л.С. Известкование как фактор урожайности и повышения плодородия. М.: ВНИИА, 2008. 340 с.
10. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия / Под ред. Б.А. Ягодина. М.: Колос, 2002. 584 с.

References

1. Glubokovskikh A. L. Productivity of agricultural crops and their influence on the peat-swamp soil in the conditions of the southern taiga of the Kirov region / 75 years of Geographical net-

- work of experiments with fertilizers. Mat-ly Exh. no. scientific institutions participating in the Geographical network of experiments with fertilizers. Moscow: VNIIA, 2018. Pp. 80-85.
2. Lifanenkova T. P., Bizhoyev R. V. Influence of systematic application of fertilizers in the conditions of bogara and long-term irrigation on crop productivity, productivity of grain-grass crop rotation and fertility of ordinary carbonate Chernozem in agro-landscape agriculture of the Central Caucasus // Agrochemistry. 2018. N 4. Pp. 3-17.
 3. Naliukhin A. N., Belozarov D. A., Eregin A.V. Changes in agrochemical indicators of dernovo-srednepodzolistoy light-loam soil and productivity of crop rotation when using various fertilizer systems. 2018. N 8. Pp. 3-7.
 4. Naliukhin A. N., Merzlaya G. E., Maximova A. S., Siluyanov O. V., Belozarov D. A., Eregin A.V. Efficiency of organic and mineral fertilizers in liming sod-podzolic soil // Fertility. 2018. N 2 (101). Pp. 42-45.
 5. national Atlas of soils of the Russian Federation / under the General editorship of S. A. Shoby. Moscow: Astrel publishing House, 2011. 632 p.
 6. Sychev V. G., Efremov E. N., Lunev M. I., Kuznetsov A.V., Pavlikhina A.V., Chekmarev P. A., Vasilieva N. M. agrochemical characteristics of soils of agricultural lands of the Russian Federation. Register of soil fertility, Moscow: VNIIA, 2013, 208 p.
 7. Sychev V. G. the Current state of soil fertility and the main aspects of its regulation. Moscow: RAS, 2019. 328 p.
 8. Shelmenkina Kh. Effectiveness of long-term application of mineral fertilizers in a field hospital on the developed peat soil in the conditions of the southern taiga of the Kirov region / 75 years of Geographical network of experiments with fertilizers. Materials of the all-Russian meeting of scientific institutions participating in the Geographical network of experiments with fertilizers. Moscow: VNIIA, 2018. Pp. 377-391.
 9. Shilnikov I. A., Sychev V. G., Zelenov N. A., Akanova N. I., Fedotova L. S. Liming as a factor of productivity and increasing fertility. Moscow: VNIIA, 2008, 340 p.
 10. Yagodin B. A., Zhukov Yu. P., Kobzarenko V. I. Agrochemistry / Ed. by B. A. Yagodin, Moscow: Kolos, 2002, 584 p.

УДК 627.157: 002.637 (282.247.41) DOI 10.37738/VNIIGIM.2020.42.64.046

ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ РЕКИ ПЕКША (ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Толкачев Г.Ю., Корженевский Б.И.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

***Аннотация.** В качестве показателей загрязнения рассматриваются индексы загрязненности микроэлементами Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As донных отложений реки Пекша, притока реки Клязьма. Малые реки являются приемниками стока с пойменных территорий и промышленных площадок, при этом в значительной степени определяют гидрологический режим и качество вод крупных и средних рек – поэтому исследование уровня их загрязнения представляется одной из важнейших задач экологического мониторинга. Оценка велась без учета конкретных предприятий-загрязнителей, из отложений выделялась фракция менее 0,02 мм, определялось содержание указанных элементов и полученные значения ранжировались по классификации классов загрязнения (игео-классы), уровням техногенной нагрузки и суммарному показателю токсического загрязнения. Наивысший уровень загрязнения Пекши отмечен в верхнем течении, на выходе из города Кольчугино – промышленного и транспортного узла с населением более 40 тыс. чел. Вниз по течению уровни загрязнения значительно снижаются – происходит самоочищение ввиду отсутствия активных источников загрязнения. Сопоставление с загрязнением ДО р. Клязьма в месте впадения*

Пекши указывает на отсутствие загрязнения со стороны Пекши, поскольку уровень загрязнения Клязьмы значительно выше.

Ключевые слова: техногенная нагрузка, донные отложения, уровень загрязнения, тяжелые металлы, сорбирующая фракция

MICROELEMENT CONTAMINATION OF THE PEKSHA RIVER (VLADIMIR REGION)

Tolkachev G. Yu., Korzhenevsky B. I.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation,
Moscow, Russia

Abstract. Pollution indicators include the Microelements Pollution Indexes of Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As in sediments of the Peksha River, a tributary of the Klyaz'ma River. Small rivers are receiving runoff from floodplains and industrial sites, and largely determine the hydrological regime and water quality of large and medium rivers - so a study of their pollution level appears to be one of the environmental monitoring. The assessment was conducted without taking into account specific polluting enterprises, a fraction of less than 0.02 mm was allocated from sediments, the content of these elements was determined and the resulting values were ranked by classification of pollution classes (igeo-classes), levels man-made load and the total rate of toxic pollution. The highest level of pollution of Peksha is noted in the upper reaches, at the exit of the Kol'chugino city - an industrial and transport hub with a population of more than 40,000 people. Downstream pollution levels are significantly reduced - self-cleaning occurs due to the lack of active sources of pollution. Comparison with the pollution of the sediments of Klyaz'ma river at the site of Peksha's fall indicates that there is no pollution on the part of Peksha, as the level of contamination of the Klyaz'ma is much higher.

Keywords: technogenic pressure, sediments, pollution level, heavy metals, sorbing fraction

Современное состояние водоемов требует оценки уровня техногенной нагрузки, при этом основным источником информации являются показатели загрязненности донных отложений (ДО), которые одновременно являются аккумулятором элементов и их соединений и источником вторичного загрязнения воды. Результаты исследования ДО позволяют установить наиболее неблагоприятные в экологическом отношении участки водных объектов и определить источники загрязнения. Одними из наиболее опасных загрязняющих веществ (ЗВ) для водоемов, и, следовательно, для здоровья человека являются тяжелые металлы (ТМ) и микроэлементы Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As. При этом малые реки в значительной степени определяют качество воды средних и крупных рек. В качестве примера исследования техногенной нагрузки на водоем дана оценка загрязнения ДО реки Пекша рядом упомянутых металлов: Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Ni, Fe, Mn, а также As.

Объект и методы исследования. Река Пекша берет начало у деревни Старково на северо-западе Владимирской области, течет на юго-восток и впадает в Клязьму на 428-м км на уровне 105 м недалеко от д. Костерево. Длина реки 127 км, средний уклон 0,356 м/км, ширина от 10 до 32 метров, глубина от 1 до 6 метров, площадь водосборного бассейна 1010 км². В верховьях реки расположен город Кольчугино, в 1977 году была построена плотина и создано Кольчугинское водохранилище. Население Кольчугино составляет более

40 тыс. чел., промышленность представлена заводами: по обработке цветных металлов, по выпуску кабельно-проводниковой продукции, электротехнического оборудования, железобетонных изделий. Также через г. Кольчугино проходит железная дорога от г. Александров до г. Кинешма, интенсивное автомобильное движение. Таким образом, Кольчугино является основным источником техногенной нагрузки на р. Пекша, которая в силу своего малого объема особенно чувствительна к антропогенной нагрузке. Извилистое русло Пекши пролегает преимущественно в малонаселенной местности и в удалении от промышленных предприятий, что предполагает снижение загрязнения ДО по мере удаления от г. Кольчугино.

Оценка велась без учета конкретных предприятий-загрязнителей, створ для оценки загрязнения от г. Кольчугино располагается ниже предполагаемого источника в зоне смешения сточных и поверхностных вод. При исследовании распределения загрязняющих веществ по поверхности и для определения уровня загрязнения в текущий момент пробы отбирали из поверхностного слоя ДО, помещали в широкогорлую пластиковую посуду, гомогенизировали и распределяли по пакетам для исследований. Главное требование при контроле качества проб – исключение их загрязнения в процессе отбора, транспортировки и хранения. Для упаковки проб ДО применяли пластиковые пищевые пакеты, пробы хранились в холодильнике.

Авторами выделялась «сорбирующая фракция» размером менее 0,02 мм. Данная фракция практически полностью состоит из высокодисперсных глинистых минералов, оксидов Fe и Mn, органического вещества, обладающего максимальными сорбционными свойствами [1,2].

Выделение фракции менее 0,02 мм проводили мокрым просеиванием, затем выпаривали и высушивали до воздушно-сухого состояния в сушильных шкафах при температуре не выше +60°C. Для корректировки результатов анализов определяли гигроскопическую влажность воздушно-сухих образцов. Определение концентраций тяжелых металлов в ДО проводили методами атомной адсорбции (Cd) и масс-спектрометрии – после растворения подготовленных образцов в «царской водке».

В качестве базовой методики оценки степени загрязнения ДО тяжелых металлов взята семизвенная система классификации ДО по «индексу геоаккумуляции» Г. Мюллера [3,4]. «Индекс геоаккумуляции» характеризует кратность загрязнения ДО относительно природного фона во фракциях менее 0,02 мм. На основе данной методики разработана и применена методика оценки техногенной нагрузки на водные экосистемы [5], что позволяет оценить уровень потенциальной и реальной опасности загрязнения водоемов.

Обсуждение результатов. По результатам полевых исследований получены значения концентраций микроэлементов, которые приведены в таблице 1.

Наименьший уровень загрязнения ДО закономерно отмечен на выходе р. Пекша из Кольчугинского водохранилища, поскольку источники загрязнения и промышленные площадки находятся ниже по течению, ДО самого водохранилища представлены песчаными фракциями. Большинство элементов находятся в пределах фонового уровня, либо от незагрязненного до умеренно за-

грязненного класса со слабой техногенной нагрузкой. Исключение составляет Zn, соответствующий умеренно загрязненному уровню и умеренно опасной нагрузке – возможно в связи с достаточно интенсивным автомобильным движением и близрасположенными неконтролируемыми источниками загрязнения.

Таблица 1 - Концентрации микроэлементов в ДО р. Пекша в 2019 г.

№ обр.	Место отбора проб	Fe %	Mn %	As мг/кг	Cd мг/кг	Pb мг/кг	Zn мг/кг	Cr мг/кг	Cu мг/кг	Ni мг/кг
T46	р. Пекша правый берег. Выше з-да «Кольчугино» <i>правый берег</i> у бывшего водозабора	5,79	0,07	12,6	0,89	41,75	393,4	101,9	54,39	65,74
T47	р. Пекша ниже г. Кольчугино, <i>правый берег</i> , выше моста	5,98 (4,5)	0,06 (0,7)	20,45 (13)	1,98	88,0 (61)	2286 (1361)	155,9 (211)	218,9 (321)	154,5 (70)
T48	р. Пекша <i>правый берег</i> ниже моста у дер. Лаврениха	8,96 (4,5)	0,13 (0,1)	13,71 (11)	1,24	46,38 (34)	1160 (848)	62,45 (155)	102 (122)	97,40 (43)
T60	р. Пекша, правый берег у моста автодороги на Караваево	7,26	0,10	11,84	0,88	34,57	421,1	86,50	58,70	69,45
T61	р. Пекша, левый берег выше моста автодороги на Анкудиново	10,28	0,15	11,35	0,93	31,09	485	48,57	61,05	73,89
T59	р. Пекша, левый берег, мост на Черкасово (вблизи ~ 4 км от трассы Владимир-Москва), 30 м ниже местного моста	10,68	0,14	10,98	0,81	26,32	285,6	70,75	46,55	64,84
T32	р. Пекша, правый берег, 40 м выше моста на Горьковском шоссе	8,5	0,164	16	-	14	282	78	180	24

Примечание: в скобках указаны концентрации в 2018 г.

Однако ниже города уровни загрязнения практически всех элементов и, следовательно, техногенная нагрузка, существенно повышаются. Содержание Zn доходит до сильно загрязненного и можно говорить об опасной техногенной нагрузке, Cd и Cu соответствуют средне загрязненному уровню и умеренной нагрузке, Pb – умеренно загрязненному уровню. Высокое содержание Cu может быть объяснено, помимо внешнего поступления, также высоким содержанием органики в ДО, с которой Cu активно образует комплексные соединения. Вместе с тем концентрации остальных элементов, как и на выходе из водохранилища, варьируют от фонового до умеренно загрязненного уровня и не представляют опасности. В 10 км ниже по течению у д. Лаврениха в районе областной автотрассы, уровни Zn, Cd, Cu, Pb снижаются каждый на 1 класс, при этом

содержание Fe и Mn незначительно повышается и соответствует от незагрязненного до умеренно загрязненного уровня до самого устья.

По сравнению с 2018 г. содержание Pb, Zn, Ni в двух точках ниже города (см. таблицу 1) довольно существенно снизилось, а Cr и Cu незначительно повысилось, концентрации остальных элементов практически неизменны. Показатели 2018 и 2019 гг. остаются практически в одном диапазоне уровня техногенной нагрузки и их флуктуации могут быть объяснены следующими факторами: гидрологические (обмеление и взмучивание реки в 2019 г.); изменение состава поступления ТМ; вынос Cu из ДО в результате замора и разложения органического вещества.

Вниз по течению от д. Лаврениха до впадения в р. Клязьма русло Пекши отличается извилистостью и пролегает по малозаселенным местам, увеличивается площадь отложений, благодаря чему уровни загрязнения ДО по всем остальным элементам постепенно снижаются, в устье можно говорить об отсутствии техногенной нагрузки – за исключением Cu. Уровень Cu соответствует умеренно загрязненному и умеренно опасной техногенной нагрузке, что может быть объяснено большим количеством органического вещества в ДО в сочетании с близостью поселка Пекша и автотрассы. О слабом загрязнении реки также говорит наличие пескарей и в некоторых местах раков, водящихся исключительно в незагрязненной воде. Однако данный факт не отменяет необходимости снижения антропогенной нагрузки в районе г. Кольчугино и более тщательного контроля за сбросом с контролируемых и особенно неконтролируемых источников загрязнения.

Таким образом, можно констатировать отрицательное влияние и среднюю техногенную нагрузку со стороны г. Кольчугино на Пекшу, при этом сама Пекша не привносит загрязнения тяжелыми металлами в Клязьму. В ДО самой Клязьмы ниже впадения Пекши отмечен средний уровень загрязнения, что подтверждает вышеизложенный вывод [6]. Иными словами, Пекша является приемником ЗВ г. Кольчугино с «хвостом» загрязнений порядка 10 км, и самоочищается в районе нижележащих деревень.

Также для оценки загрязнения микроэлементами ДО Пекши, как и в более ранних работах для ДО Клязьмы, целесообразно использовать суммарный показатель токсического загрязнения – СПТЗ, разработанный для оценки загрязнения ТМ городских почв [7].

$$\text{СПТЗ} = \sum K_C K_T - (n-1);$$

$$K_C = C/C_\Phi,$$

где: C - содержание элемента в изучаемой среде; C_Φ – фоновое содержание (глобальный или региональный фон); K_T – коэффициент токсичности химического элемента [7]; n – число учитываемых элементов.

Исходя из данного показателя, на участке от г. Кольчугино в пределах 10-15 км наблюдается умеренно опасная категория загрязнения (16-32), которая далее по течению снижается до допустимой (<16), что также свидетельствует

об отсутствии значительных источников загрязнения на водосборной территории. В месте впадения Пекши в Клязьму и ниже в ДО последней отмечена умеренно опасная нагрузка, что подтверждает вывод об отсутствии привноса ЗВ из Пекши.

При организации экологического мониторинга реку Пекша целесообразно, несмотря на влияние г. Кольчугино, отнести к участкам III категории – условно чистые малые реки, роль которых в загрязнении водных объектов, как правило, незначительна [8]. При отсутствии сильной экспансии человека достаточно повторение наблюдений один раз в 5–10 лет в виде отбора нескольких проб [5] в наиболее интересных местах.

Выводы

1. Установлено, что главным источником загрязнения р. Пекша является г. Кольчугино, техногенная нагрузка ниже города по Zn доходит до опасной, по Cd, Cu по Pb – до умеренной. По мере удаления от города ближе к устью уровни загрязнения снижаются практически до отсутствия техногенной нагрузки – р. Пекша самоочищается благодаря отсутствию активных источников загрязнения.

2. Суммарный показатель токсического загрязнения р. Пекша соответствует опасной категории непосредственно ниже г. Кольчугино и на протяжении 15 км по течению, что также свидетельствует об отрицательном влиянии города на качество воды, а также на флору и фауну данного участка реки. Ниже по течению уровень загрязнения значительно снижается и практически не представляет опасности.

3. Сопоставление с загрязнением ДО р. Клязьма в месте впадения Пекши указывает на отсутствие привноса загрязняющих веществ, поскольку уровень загрязнения Клязьмы значительно выше; напротив, впадение незагрязненной водной массы способствует самоочищению Клязьмы.

4. При организации экологического мониторинга реку Пекша целесообразно отнести к условно чистым малым рекам. Повтор наблюдений один раз в 5–10 лет в уже опробованных местах является достаточным.

Список использованных источников

1. Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А., Гетьман Е.Н. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязненности донных отложений // Мелиорация и водное хозяйство. - 2015. – № 6. – С. 15–19.
2. Коломийцев Н.В., Ильина Т.А. Интегральные критерии для оценки экологического состояния донных отложений водных объектов // Мелиорация и водное хозяйство. - 2009. – № 5. – С. 39–42.
3. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79, 1979. – Н.24. – Р. 778–783.
4. Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна / Под ред. А.С. Керженцева, Р. Майснера. – М.: Наука, 2006. – 223 с.
5. Техногенное загрязнение речных экосистем / В.Н. Новосельцев [и др.]; под ред. В.Е. Райнина, Г.Н. Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 140 с.

6. Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Коломийцев Н.В. Загрязнение донных отложений Клязьмы тяжелыми металлами // Использование и охрана природных ресурсов в России. - 2019. - № 4 (160). - С. 79-84.
7. Большаков В.А. Методические рекомендации по оценке загрязнения городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами – М.: ВНИИП им. Докучаева, 1999. – 32 с.
8. Корженевский Б.И. Основные принципы мониторинга загрязнения большой реки (на примере бассейна реки Волги) / Б.И. Корженевский, Г.Ю. Толкачев, Т.А. Ильина, Н.В. Коломийцев // СтройМного. - 2017. - № 2 (7). – С. 1-7.

References

1. Kolomiytsev N. V., Korzhenevsky B. I., Ilina T. A., Getman E. N. Assessment of technogenic load on water bodies by pollution of bottom sediments // Melioration and water management. - 2015. - № 6. - Pp. 15-19.
2. Kolomiytsev N. V., ilina T. A. Integral criteria for assessing the ecological status of bottom sediments of water bodies // Melioration and water management. - 2009. - N. 5. - Pp. 39-42.
3. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins-Veraenderungen seit 1971 □ umschau 79, 1979. – Н. 24. – р. 778-783.
4. Modeling of erosion processes in the territory of a small catchment basin / Edited by A. S. Kerzhentsev and R. Meisner. - Moscow: Nauka, 2006. - 223 p.
5. Technogenic pollution of river ecosystems / V. N. Novoseltsev [et al.]; edited By V. E. Rainin, G. N. Vinogradova. - Moscow: Nauchny Mir, 2002. - 140 p.
6. Korzhenevsky B. I., Tolkachev G. Yu., Kolomiytsev N. V. Pollution of bottom deposits of Klyazma by heavy metals // Use and protection of natural resources in Russia. - 2019. - № 4 (160). - Pp. 79-84.
7. Bolshakov V. A. Methodological recommendations for the assessment of urban soil and snow cover pollution by heavy metals-Moscow: VNIIP im. Dokuchaeva, 1999. - 32 p.
8. Korzhenevsky B. I. Basic principles of monitoring pollution of the big river (on the example of the Volga river basin) / B. I. Korzhenevsky, G. Yu. Tolkachev, T. A. Ilyina, N. V. Kolomiytsev // StroyMnogo. - 2017. - № 2 (7). – Pp. 1-7.

УДК 627.157: 002.637 (282.247.41) DOI 10.37738/VNIIGIM.2020.19.15.047

ТЕХНОГЕННАЯ НАГРУЗКА И ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ Р. КЛЯЗЬМА НИЖЕ Г. ВЛАДИМИРА

Толкачев Г. Ю., Корженевский Б.И., Коломийцев Н.В., Ильина Т.А.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

***Аннотация.** Изменение состояния водных объектов происходит под воздействием техногенных факторов, при этом с точки зрения техногенной нагрузки наиболее опасными загрязняющими веществами являются микроэлементы Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As. Оценена нагрузка на реку Клязьма (наиболее протяженный приток реки Оки) на участке от г. Владимир до впадения в р. Оку, где расположены города Ковров, а также Вязники и Гороховец. Осуществлено ранжирование территории и приведены результаты исследований загрязненности донных отложений тяжелыми металлами и мышьяком, оцененных по игео-классам – по загрязненности сорбирующей фракции (менее 0,02 мм). Представлена общая картина загрязнения донных отложений реки Клязьмы ниже г. Владимир, из которой можно сделать вывод, что, несмотря на имеющиеся источники загрязнения, говорить об опасной нагрузке на сегодняшний день не приходится.*

Ключевые слова: река Клязьма, донные отложения, тяжелые металлы, техногенная нагрузка, игео-классы, загрязнение

ANTHROPOGENIC PRESSURE AND POLLUTION OF TRACE ELEMENTS R. KLIAZMA, BELOW VLADIMIR

Tolkachev G. Yu., Korzhenevsky B. I., Kolomiytsev N. V., Ilina T. A.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation,
Moscow, Russia

***Abstract.** Changes in the condition of water objects are caused by technogenic factors, and from the point of view of technogenic pressure the most dangerous pollutants are micronutrients Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As. The River Klyaz'ma (the longest tributary of the Oka River) on the stretch from Vladimir city to the flow into the river Oka, where the cities of Kovrov, as well as Vyazniki and Gorokhovets are located. The territory has been ranked and have been presented the results of studies of sediment pollution with heavy metals and arsenic, assessed by igeo-classes - by contamination of the sorbing fraction (less than 0.02 mm). The overall picture of the pollution of the bottom sediments of the Klyaz'ma River below the city of Vladimir is presented, from which it can be concluded that, despite the available sources of pollution, there is no talk of a dangerous pressure today.*

***Keywords:** Klyaz'ma river, sediments, heavy metals, technogenic pressure, igeo-classes, pollution*

Комплексное использование водных объектов требует изучения их экологического состояния и оценки уровня техногенной нагрузки. Практически для всех техногенно развитых территорий в аквальных ландшафтах наблюдается формирование литогеохимических аномалий в донных отложениях (ДО) со следующими характеристиками: тонкодисперсный состав осадков, их повышенная пластичность, наличие частиц техногенного происхождения, маслянистость. ДО вследствие своих высоких сорбционных свойств накапливают весь комплекс загрязняющих веществ (ЗВ) и служат индикатором техногенной нагрузки на водный объект, показатели загрязненности ДО позволяют установить наиболее неблагоприятные в экологическом отношении участки и скорректировать состав и объем гидрохимического и гидробиологического мониторинга.

Объект и методы исследования. Река Клязьма испытывает значительную техногенную нагрузку, являясь приемником сточных вод расположенных на ней городов. В приведенной работе дана оценка загрязнения ДО р. Клязьма рядом тяжелых металлов (ТМ): Hg, Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Fe, Mn, а также As. Исследования проводились в 2019 г. на территории Владимирской области – от д. Пенкино в 30 км ниже г. Владимир до впадения в р. Ока в районе г. Гороховец. ДО Клязьмы на данном участке сложены преимущественно фракциями мелкого и тонкого песка, пыли и глины, что обусловлено дренированием плейстоценовой флювиогляциальной равнины (Мещерской низменности) [1]. Оценка экологического состояния велась без учета конкретных предприятий-загрязнителей. Створы располагались следующим образом: створ выше города, промзоны, сельскохозяйственные территории или притока, и створ ниже пред-

полагаемого источника загрязнения в зоне смешения сточных и поверхностных вод.

При исследовании распределения загрязняющих веществ по поверхности и для определения уровня загрязнения в текущий момент пробы отбирали из поверхностного слоя ДО. Все изученные образцы состоят из сходных по минеральному составу компонентов, что позволяет считать результаты оценки сопоставимыми. Взятую пробу помещали в широкогорлую пластиковую посуду, гомогенизировали и распределяли по пакетам для исследований. Главное требование контроля качества проб – исключение их загрязнения в процессе отбора, транспортировки и хранения. Для упаковки проб ДО применяли полиэтиленовые пищевые пакеты, пробы хранились в холодильнике. Далее авторами выделялась «сорбирующая фракция» размером менее 0,02 мм. Данная фракция практически полностью состоит из высокодисперсных глинистых минералов, оксидов Fe и Mn, органического вещества, обладающего максимальными сорбционными свойствами [2]. Выделение фракции менее 0,02 мм проводили мокрым просеиванием. Фракции выпаривали и высушивали до воздушно-сухого состояния в сушильных шкафах при температуре не выше +60°C. Для корректировки результатов анализов определяли гигроскопическую влажность воздушно-сухих образцов. Определение концентраций тяжелых металлов в пробах ДО проводили методами атомной адсорбции (Cd) и ICP – после их растворения в «царской водке».

Оценка степени загрязнения ДО тяжелыми металлами представляет собой сложную проблему. В качестве базовой методики авторами взята семизвенная система классификации ДО по «индексу геоаккумуляции» Г. Мюллера [3,4], которая в течение 30 лет находит широкое применение. «Индекс геоаккумуляции» характеризует кратность загрязнения ДО относительно природного фона во фракциях менее 0,02 мм. На основе данной методики разработана и применена методика оценки техногенной нагрузки на водные экосистемы [5], что позволяет оценить уровень потенциальной и реальной опасности загрязнения водоемов.

Обсуждение результатов. По результатам полевых исследований получены значения концентраций микроэлементов, которые приведены в таблице 1, также в таблице 2 приведены значения игео-классов для каждого элемента.

В донных отложениях р. Клязьма на участке от г. Владимир до устья было изучено содержание Fe, Mn, As, Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Hg. На протяжении данного участка находятся достаточно крупные города Ковров (140 тыс. чел.), Вязники (36 тыс. чел.) и Гороховец (13 тыс. чел.). Также г. Ковров является крупным промышленным центром и железнодорожным узлом, что предполагает высокую техногенную нагрузку на окружающую среду, в частности на р. Клязьму.

Вместе с тем, содержание практически всех исследуемых элементов, кроме Fe, Mn, Cd, Zn не превышает незагрязненного класса, либо находится на уровне фона. Cd, Zn и Mn на протяжении означенного участка находятся в пределах 1-2 игео-класса – на уровне от незагрязненного до умеренно загрязненного, что соответствует малоопасной и умеренной техногенной нагрузке. Содержание Fe максимально в районе д. Пенкино, в непосредственной близости от автомаста и

строительной площадки – однако не превышает 3-го средне загрязненного класса, что также соответствует умеренно опасной нагрузке. Примечателен тот факт, что в данном районе только Mn соответствует 2-му классу, а остальные элементы, вопреки ожиданиям, не превышают 1-го, либо фонового уровня (Pb, Cu, As). На всем остальном участке, и даже ниже г. Коврова, концентрация Fe не превышает 2 класса. Также относительно г. Коврова следует отметить, что ниже по течению наблюдается незначительное повышение концентраций изучаемых элементов, однако, как было указано выше, о значительном загрязнении говорить не приходится.

Таблица 1 - Концентрации ТМ в ДО р. Клязьмы в пределах Владимирской области от д. Пенкино (30 км ниже г. Владимир) до устья (г. Гороховец)

№	Место отбора проб в 2019 г.	Fe %	Mn %	As мг/кг	Cd мг/кг	Pb мг/кг	Zn мг/кг	Cu мг/кг	Hg мг/кг	Ni мг/кг
T58	р. Клязьма, левый берег, д. Пенкино выше автомаста Владимир – Н.Новгород	32,41	0,44	12,81	0,73	6,48	284	42,36	0,12	71,80
T57	р. Клязьма, правый берег, п. Любец выше г.Ковров	17,88	0,22	10,03	0,80	19,61	207,6	36,2	0,10	61,61
T56	р. Клязьма, левый берег, г.Ковров, ниже автомаста Иваново - Шуя	26,41	0,41	9,31	0,74	16,59	213,3	34,72	0,10	62,11
T55	р. Клязьма, правый берег, г.Ковров (окраина города, ул.Речная)	18,27	0,23	13,59	0,99	39,75	248,9	46,62	0,11	71,63
T54	р. Клязьма, правый берег, Клязьминский городок	21,08	0,31	11,30	0,87	26,57	258,6	43,89	0,11	69,44
T53	р. Клязьма, правый берег 10 – 11км от трассы Н.Новгород– Москва на Мстеру	25,12	0,41	10,94	0,78	27,21	227,4	41,31	0,11	66,63
T52	р. Клязьма, Вязники, правый берег	24,87	0,39	12,79	0,72	37,25	217,6	40,68	0,11	67,68
T51	р. Клязьма, поворот на Перово, дер. Олтушево, правый берег	10,11	0,11	13,46	1,15	42,10	165,6	69,01	0,14	91,26
T50	р. Клязьма, г. Гороховец, правый берег (ул. Набережная, дом 5)	16,05	0,19	11,00	0,84	24,09	160,9	41,03	0,11	66,97
T49	р. Клязьма, дер.Галицы, правый берег 400-500м выше ж/д моста	22,02	0,36	10,25	0,84	22,07	181,0	46,7	0,12	72,11

Таблица 2 - Значения игео-классов для данных таблицы 1

№	Fe	Mn	As	Cd	Pb	Zn	Cu	Hg	Ni
T58	3	2	фон	1	фон	1-2	фон	фон	0
T57	2	1	фон	1	фон	1	фон	фон	фон
T56	2	2	фон	1	0	1	фон	фон	фон
T55	2	1	0	2	1	1	0	фон	0
T54	2	2	фон	1	0	1	фон	фон	0
T53	2	2	фон	1	0	1	фон	фон	фон
T52	2	2	фон	1	1	1	фон	фон	0
T51	1	0	0	2	1	1	1	фон	0
T50	2	1	фон	1	0	1	фон	фон	фон
T49	2	2	фон	1	0	1	0	фон	0

Также для оценки загрязнения микроэлементами донных отложений целесообразно использовать суммарный показатель токсического загрязнения – СПТЗ, разработанный для оценки загрязнения ТМ городских почв [6].

$$\text{СПТЗ} = \sum K_C K_T - (n-1);$$

$$K_C = C/C_\Phi,$$

где: C – содержание элемента в изучаемой среде; C_Φ – фоновое содержание (глобальный или региональный фон); K_T – коэффициент токсичности химического элемента [6]; n – число учитываемых элементов.

Допустимая категория загрязнения <16, умеренно опасная 16-32, опасная 32-128, чрезвычайно опасная >128.

На изучаемом участке р. Клязьмы СПТЗ, исходя из вышеизложенных данных, ожидаемо соответствует допустимой категории, что свидетельствует о том, что р. Клязьма не является дополнительным источником загрязнения ТМ р. Оки – напротив, способствует ее самоочищению.

Выводы

1. На участке р. Клязьмы от г. Владимира до устья содержание исследуемых элементов, за исключением Fe и Mn, не превышает незагрязненного класса – при этом даже содержание упомянутых элементов не превышает умеренно опасную техногенную нагрузку, что в свою очередь говорит о вполне приемлемом состоянии данного участка реки относительно загрязнения ТМ.

2. Показатель СПТЗ также соответствует допустимой категории загрязнения исследуемого участка ДО р. Клязьмы, что свидетельствует об отсутствии привноса ТМ в р. Ока.

Список использованных источников

1. Коломийцев Н.В., Ильина Т.А. Интегральные критерии для оценки экологического состояния донных отложений водных объектов // Мелиорация и водное хозяйство. 2009. – № 5. – С. 39–42.
2. Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А., Гетьман Е.Н. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязненности донных отложений // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. – № 6. – С. 15–19.
3. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79, 1979. – Н.24. – Р. 778–783.
4. Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна / Под ред. А.С. Керженцева, Р. Майснера. – М.: Наука, 2006. – 223 с.
5. Техногенное загрязнение речных экосистем / В.Н. Новосельцев [и др.]; под ред. В.Е. Райнина, Г.Н. Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 140 с.
6. Большаков В.А. Методические рекомендации по оценке загрязнения городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами – М.: ВНИИП им. Докучаева, 1999. – 32 с.

Reference

1. Kolomeitsev N. V., Ilina T. A. Integral criteria for assessing the ecological state of bottom sediments of water bodies. Melioration and water management. 2009. - N. 5. - Pp. 39-42.
2. Kolomeitsev N. V., Korzhenevsky B. I., Ilina T. A., Getman E. N. Assessment of technogenic load on water bodies by pollution of bottom sediments // Melioration and water management. 2015. - N 6. - P. 15-19.
3. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veraenderungen seit 1971 □□Umschau 79, 1979. – Н.24. – Р. 778–783.
4. Modeling of erosion processes in the territory of a small catchment basin / Edited by A. S. Kerzhentsev and R. Meisner. - Moscow: Nauka, 2006. - 223 p.
5. Technogenic pollution of river ecosystems / V. N. Novoseltsev [et al.]; edited By V. E. Rainin, G. N. Vinogradova. - Moscow: Nauchny Mir, 2002. - 140 p.
6. Bolshakov V. A. Methodological recommendations for the assessment of urban soil and snow cover pollution by heavy metals. -Moscow: VNIIP im. Dokuchaeva, 1999. - 32 p.

УДК 631.452:631.459.01

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.93.21.048

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЭРОДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., Каторгин Д.И.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», Белгород, Россия

Аннотация. Представлены данные об эродированности почв Белгородской области, их распространении, морфологических признаках и свойствах, резко снижающих их плодородие и продуктивность сельскохозяйственных культур, ухудшая экологическое состояние окружающей среды. Предложен ряд конкретных мероприятий по защите почв от эрозии, сохранения и улучшения их экологических функций.

Ключевые слова: почва, эрозия, способы обработки почвы, урожайность, склон, севооборот, земледелие, категории земель

INCREASE IN FERTILITY OF ERRODED LANDS OF THE BELGOROD REGION

Tyutyunov S.I., Solovichenko V.D., Katargin D.I.

FGBSI «Belgorod FASC RAS», Belgorod, Russia

Abstract. *This article provides information on the erosion of the soils of the region, their distribution, morphological characteristics and properties, which sharply reduce their fertility and productivity of agricultural crops, worsening the ecological state of the environment. A number of specific measures are proposed to protect soils from erosion, to preserve and improve their environmental functions.*

Keywords: *soil, erosion, soil cultivation methods, productivity, slope, crop rotation, agriculture, land categories*

Повсеместно в мире проявляются деграционные процессы почв – необратимые антропогенные изменения их агрохимических, агрофизических, физико-химических и биологических свойств. Это ведет к невозможности выполнения в полной мере почвами их экологических и производственных функций [1].

Без сохранения почвенного покрова, преодоления процессов деградации почв, и в первую очередь эрозии почв, невозможно сохранить ни растительный и животный мир, ни чистоту воды и воздуха, т.е. экологию окружающей среды – ареал обитания всего живого, в т.ч. и человека.

Особое внимание требуют наиболее уязвимые почвы – черноземы. Несмотря на то, что черноземы занимают всего лишь 6% территории России, на их долю приходится 40% получаемой сельскохозяйственной продукции. Необходим постоянный контроль за агроэкологическим состоянием почв, проявлением негативных явлений и предотвращением их.

Эрозия почв является одним из основных деграционных процессов на территории Белгородской области. Ее разделяют на водную (плоскую и линейную) и ветровую. Эрозия почв приносит огромный вред сельскохозяйственному производству: снижается плодородие почв; происходит смыв и размыв ее верхнего слоя; снижается урожайность сельскохозяйственных культур.

Почвенный покров области является наиболее эродированным среди ЦЧО. К основным факторам, способствующим развитию водной эрозии, относятся склоновая часть рельефа (около 72% всей площади), сильная расчлененность овражно-балочной сетью (около 1,5 км/км²), ливневый характер выпадений осадков, высокая распаханность, слабая облесенность и недостаточно высокая культура земледелия.

Основоположник почвоведения В.В. Докучаев писал, что низкие урожаи сельскохозяйственных культур являются прямым следствием «повсеместного выпаживания, медленного истощения наших почв, в том числе и черноземов, постепенного их смыва и расчленения оврагами». За более чем 100-летний период времени существенно увеличивались площади эродированных почв, степень проявления их смыва и размыва. Поэтому необходим мониторинг плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения для обеспечения продовольственной безопасности страны [2].

Общая площадь территории Белгородской области составляет 2713,4 тыс. га, из них пашни 1653,5 тыс. га. На территории области площадь, занятая эродированными почвами, составляет 53,6% всей площади. В их числе слабосмытые составляют 940 тыс. га (34,6%), среднесмытые – 332,6 тыс. га (12,6%), сильносмытые – 154,2 тыс. га (5,6%), развеваемые 26,6 тыс. га (0,9%).

Наиболее эродированы черноземы остаточного-карбонатные, сформировавшиеся на мелу, балочные почвы (около 80-100%), серые и темно-серые лесостепные почвы (до 60-70%), меньше – черноземы типичные, выщелоченные и обыкновенные (40-60%) [3,4].

На смытых почвах в связи с падением их плодородия заметно ухудшаются многие свойства и режимы почв, что снижает их плодородие и приводит к падению урожайности культур. Так, урожайность сельскохозяйственных культур снижается на слабосмытых в сравнении с несмытыми – на 10-20%, на средне-смытых – на 30-40% и на сильносмытых – более 50% [5].

По сравнению с несмытыми распашанными почвами содержание гумуса в пахотном слое черноземов сокращается у слабосмытых почв в 1,2 раза.

В настоящее время разработан комплекс мероприятий по защите почв от эрозии. Он включает организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные, гидротехнические и лугомелиоративные мероприятия, что является составными частями проекта внутрихозяйственного землеустройства и адаптивно-ландшафтной системы земледелия.

Исходной картографической основой для проведения таких мероприятий являются почвенные карты, агрохимические картограммы и топографические планшеты, аэрокосмические снимки, карты эродированности почв и крутизны склонов.

В качестве примера проведение комплекса мероприятий по защите почв от эрозии представлен фрагмент территории ООО «РусАгро-Инвест» Шебекинского района Белгородской области (рис. 1). Всего подверженных эрозии почв на территории обследуемой площади хозяйства 8850 га (39,8%).

По интенсивности проявления водной эрозии выделено на пашне и кормовых угодьях 7 категорий земель, по которым предложены основные рекомендации по производственному использованию, защите от эрозии, повышению плодородия почв и сохранению экологических условий окружающей среды.

Для хозяйства разработаны адаптивно-ландшафтные системы земледелия с элементами биологизации и контурно-мелиоративной организацией территории.

I Категория земель (4558 га; 20,5%). *Несмытые почвы на плато и склонах водоразделов крутизной не более 1°.*

Рекомендации. Адаптивно-ландшафтная биологическая система земледелия: зернотравянопропашные и зернопаропропашные с сидеральным паром севообороты, дифференцированная на отдельных участках и нулевая обработка почв, создание на поверхности мульчирующего слоя из органических остатков, проведение поукосных, пожнивных посевов трав и сидеральных культур, интенсивное внесение удобрений, особенно органических (навоз, животноводческие стоки, птичий помет). Известкование кислых почв. Создание сети полевых защитных лесополос. Защита культур от сорняков, вредителей и болезней. Снегозадержание и регулирование снеготаяния [6,7].

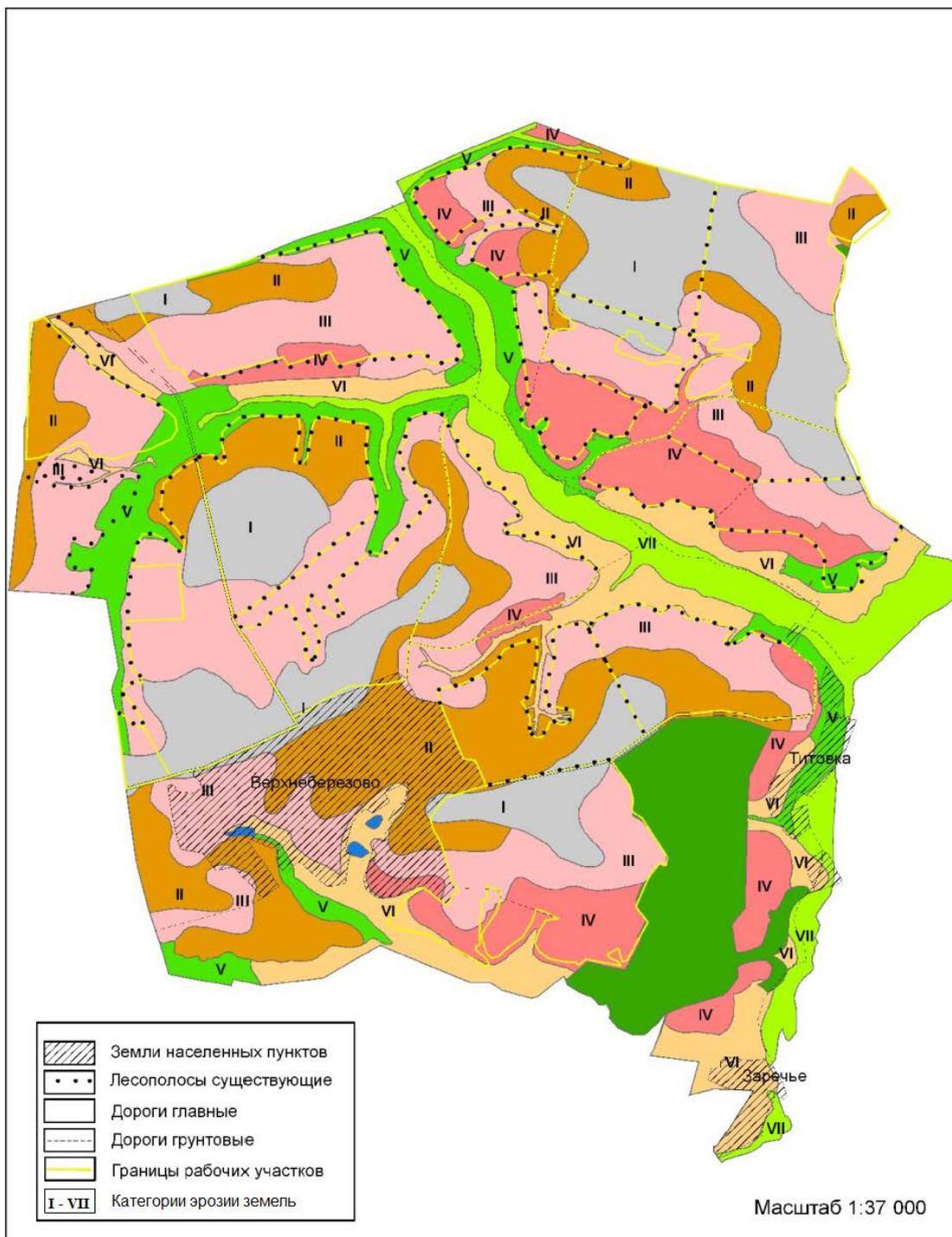


Рисунок 1 - Фрагмент карты эрозии и противоэрозионных мероприятий ООО «РусАгро-Инвест» Шебекинского района Белгородской области

II Категория земель (5262 га; 23,7%). Несмытые, но *эрозионноопасные почвы склонов крутизной 1-3⁰, преимущественно северных экспозиций.*

Рекомендации. Адаптивно-ландшафтная биологическая система земледелия: зернотравянопропашные севообороты, нулевая на отдельных участках почв, дифференцированная обработка почвы, создание на поверхности мульчирующего слоя из органических остатков, практиковать поукосные, пожнивные посевы трав и сидеральных культур, внесение удобрений (особенно органических). Обработки и уход за посевами проводить строго поперек склона. Извест-

кование кислых почв. Создание сети полевых защитных, водорегулирующих лесополос. Эффективно щелевание посевов озимой пшеницы и многолетних трав. Защита культур от сорняков, вредителей и болезней. Снегозадержание и регулирование снеготаяния. Использование смешанных посевов зерновых и зернобобовых культур и уборка их методом очеса [8-11].

III Категория земель (5697 га; 25,6%). *Слабосмытые почвы склонов крутизной свыше 3°, преимущественно северных экспозиций.*

Рекомендации. Адаптивно-ландшафтная биологическая система земледелия: зернотравянопропашные севообороты, дифференцированная, в т.ч. на отдельных участках почв нулевая, минимальная обработки почвы с созданием на поверхности мульчирующего слоя из органических остатков, практиковать покосные, пожнивные посевы трав и сидеральных культур, внесение удобрений (особенно органических). Недопустимо возделывание пропашных культур на склонах свыше 3°. Обработки и уход за посевами проводить строго поперек склона. Известкование кислых почв. Залужение ложбин стока. Создание сети полевых защитных, водорегулирующих лесополос. Щелевание посевов озимой пшеницы и многолетних трав. Защита культур от сорняков, вредителей и болезней. Снегозадержание и регулирование снеготаяния.

IV Категория земель (1235 га; 5,6%). *Средне- и сильносмытые почвы склонов крутизной 3-5°, преимущественно южных экспозиций.*

Рекомендации. Зернотравяные и травяные севообороты. Нулевая на отдельных участках, минимальная обработки почвы с созданием на поверхности мульчирующего слоя и постоянного травяного покрова, проводить пожнивные посевы трав и сидеральных культур. Обработки и уход за посевами проводить строго поперек склона. Внесение удобрений. Эффективно щелевание. Создание сети водорегулирующих лесополос. Южные склоны сильносмытых и размытых почв с выходами пород крутизной свыше 5° исключить из пашни, залужить многолетними травами и использовать в качестве сенокосооборотов или с нормированным выпасом скота. Защита культур от сорняков, вредителей и болезней. Снегозадержание и водорегулирование.

V Категория земель (1385 га; 6,2%). *Эрозионноопасные и слабосмытые почвы балок крутизной склонов до 10°, преимущественно северных экспозиций.*

Рекомендации. Пастбище- и сенокосообороты. Не использовать в пашне. Улучшение травостоя: консервация, подсев злаково-бобовых многолетних трав и культур-медоносов, внесение удобрений, регулированный выпас скота. Вершины балок и склоновых оврагов обваловать и облесить, а при необходимости построить гидротехнические сооружения. Создание сети водозадерживающих лесополос. Организация зон отдыха и пчелопарков.

VI Категория земель (1530 га; 6,9%). *Средне-, сильносмытые и размытые склоны почв балок крутизной свыше 10°, преимущественно южных экспозиций.*

Рекомендации. Пастбищеобороты. Улучшение травостоя: консервация, выборочный подсев злаково-бобовых трав и культур-медоносов, запрет выпаса скота. Вершины балок и склоновых оврагов обваловать и облесить, а в местах интенсивных водотоков построить гидротехнические сооружения. На сильнос-

мытых и размытых почвах с выходами пород провести сплошное или куртинное облесение. Организация зон отдыха и пчелопарков.

VII Категория земель (1742 га; 7,2%). *Пойменно-луговые почвы.*

Рекомендации. Сенокосообороты. Планировка поверхности: срезка кочек и кустарников. Посев злаково-бобовых многолетних трав. При изреженности травостоя проводить подкормки азотными удобрениями небольшими дозами. Строго нормированный выпас скота, а на заболоченных почвах исключить пастбище скота и использовать в качестве природоохранного фонда.

Проявлению эрозии также способствует высокая нагрузка (давление) техники на обрабатываемую почву, что приводит к большей плотности и разрушению структуры верхнего слоя почвы. Это способствует меньшей эрозионной устойчивости почвы, а, следовательно, и большему развитию процесса смыва и размыва почвы. Кроме того, нужно учитывать и тот факт, что территория Белгородской области находится в зоне недостаточного увлажнения, что негативно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур. Для накопления большего количества продуктивной влаги в профиле почвы следует направить поверхностный сток воды от дождей, снеготаяния во внутрпочвенный сток почвы, что уменьшит ее смыв и увеличит накопление продуктивной влаги в почве. Это возможно при повышении водопроницаемости почвы. Для чего необходимо периодически (не менее 1 раза в 5 лет) проводить безотвальную обработку почвы на глубину не менее 30-40 см. На лесных, солонцеватых почвах необходимо взрыхлять безотвальной обработкой плотный слитой, почти водонепроницаемый иллювиальный горизонт, чтобы повысить водопроницаемость почвы и тем самым увеличить содержание продуктивной влаги и уменьшить эрозионные процессы.

Список использованных источников

1. Проблемы эффективного использования земли. – Белгород: «Крестьянское дело», 2000. – 80 с.
2. Сычев В.Г. Продовольственная безопасность страны и мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения / Сычев В.Г., Цыгуткин А.С. // Плодородие. – 2003. – №5. – С. 6-9.
3. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Методика проведения почвенно-эрозионного обследования склоновых земель Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2014. – 43 с.
4. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Мониторинг почвенного покрова Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2014. – 113 с.
5. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Эродированные почвы Белгородской области и защита их от эрозии: научно-производственное пособие. – Белгород: ООО «Принт», 2019. – 28 с.
6. Агрохимический словарь. Термины и определения. Под общей редакцией Н.З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 1999. – 48 с.
7. Классификация и терминология сидератов / Цыгуткин А.С., Еськов А.И., Новиков М.Н., Тарасов С.И. // Агрохимический вестник. – 2005. – №6. – С. 25-26.
8. Уборка бинарных посевов зерновых культур / Алдошин Н.В. и др. // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. – 2016. – №3. – С. 11-17.
9. Шевченко В.А., Соловьев А.М., Фирсов И.П. Возделывание совмещенных посевов зерновых и зернобобовых культур на зернофураж с целью повышения белковой полноценности корма. – М.: ВНИИГИМ, 2016. – 104 с.

10. Уборка смешанных посевов зерновых культур методом очеса / Алдошин Н.В. и др. // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. – 2016. – №1. – С. 7-13.
11. Шевченко В.А. Перспективы производства растениеводческой продукции на мелиорированных землях Нечерноземной зоны России/ В.А. Шевченко.- М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2017.- 920 с.

References

1. Problems of effective land use. – Belgorod: "Krestyanskoe Delo", 2000. - 80 p.
2. Sychev V. G. food security of the country and monitoring of agricultural land fertility / Sychev V. G., Tsygutkin A. S. // Fertility. - 2003. - №5. - Pp. 6-9.
3. Solovichenko V. D., Tyutyunov S. I. Methods of soil-erosion survey of slope lands of the Belgorod region. – Belgorod: "Fatherland", 2014. - 43 p.
4. Solovichenko V. D., Tyutyunov S. I. Monitoring of the soil cover of the Belgorod region. – Belgorod: "Fatherland", 2014. - 113 p.
5. Solovichenko V. D., Tyutyunov S. I. Eroded soils of the Belgorod region and their protection from erosion: scientific and production manual. - Belgorod: Print LLC, 2019. - 28 p.
6. Agrochemical dictionary. Terms and definitions. Under the General editorship of N. Z. Milashchen-co. - М.: Agroconsult, 1999. - 48 p.
7. Classification and terminology of siderats / Tsygutkin A. S., Eskov A. I., Novikov M. N., Tarasov S. I. // Agrochemical Bulletin. - 2005. - №6. - Pp. 25-26.
8. Cleaning binary crops of grain crops / Aldoshin N. V. et al. // Vestnik FGOU VPO Moscow state Agroengineering University named after V. p. Goryachkin. - 2016. - №3. - P. 11-17.
9. Shevchenko V. A., Soloviev a.m., Firsov I. P. Cultivation of combined crops of grain and leguminous crops for grain fodder in order to increase the protein value of feed. - Moscow: VNIIGIM, 2016. - 104 p.
10. Cleaning of mixed crops of grain crops by the method of ochesa / Aldoshin N. V. et al. // Vestnik FGOU VPO Moscow state Agroengineering University named after V. p. Goryachkin. - 2016. - no. 1. - P. 7-13.
11. Shevchenko V. A. Prospects of crop production on reclaimed lands of the non-Chernozem zone of Russia/ V. A. Shevchenko. - Moscow: Publishing house of the A. N. Kostyakov Vniigim, 2017. - 920 p.

УДК 631.452:631.459.01

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.64.35.049

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУИРОВАНИЮ СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И БЕЛОГО ЛЮПИНА НА ОСНОВЕ УЧЕТА ЕГО БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Цыгуткин А.С., Алдошин Н.В.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», Белгород, Россия

Аннотация. Определены технологические требования, предъявляемые к смешанным посевам зерновых культур и белого люпина. Рассмотрены биологические особенности белого люпина, используемые при его возделывании в смешанных посевах.

Ключевые слова: белый люпин, зерновые яровые культуры, смешанный посев

TECHNOLOGICAL REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF MIXED SEEDS OF GRAIN CROPS AND WHITE LUPINE ON THE BASIS OF ACCOUNTING ITS BIOLOGICAL FEATURES

Tsygutkin A.S., Aldoshin N.V.
FGBSI «Belgorod FASC RAS», Belgorod, Russia

***Abstract.** The technological requirements for mixed crops of grain crops and white lupine are determined. The biological features of white lupine used in cultivation in mixed crops are considered.*

***Key words:** white lupine, spring crops, mixed sowing*

Белый люпин (*Lupinus albus L.*) относится к числу древнейших сельскохозяйственных культур, культивируемых в мире, но в Российской Федерации она относительно новая. Биологические особенности белого люпина и почвенно-климатические условия России позволяют его возделывать на юге Центрального района Нечерноземной зоны, в Центральном Черноземье, Среднем Поволжье, северных предгорьях Кавказа, южной части Урала и Сибири, Дальнем Востоке. Северная граница возделывания белого люпина отодвинута на уровень южных районов Московской области и Владимирского Ополья.

В Российской Федерации в посевной площади доля белого люпина и зернобобовых культур, включая сою, ничтожно мала. При этом потребность в растительном белке из зернобобовых культур постоянно возрастает, о чем свидетельствует не только рост площади пашни, занимаемых соей, и импорта сои и продуктов ее переработки, но и увеличение объемов производства продукции животноводства и птицеводства. По оценке сотрудников ООО «НПО «Агро-Матик» (www.agro-matik.ru), ведущего в стране производителя белковых концентратов на основе белого люпина, минимальная потребность в белом люпине составляет не менее 2,6 млн. т зерна [1,2].

В качестве источника растительного белка наибольшее распространение получили соя и белый люпин. Но условия возделывания сои и постоянный рост цен на сою на мировом рынке неизбежно приводит к росту себестоимости комбикормов и продуктов животноводства и птицеводства. Ужесточение требований к использованию генетически модифицированных организмов (ГМО) стимулируют интерес к новым культурам, имеющим высокое содержание сырого протеина. Это заставляет искать другие источники для масштабного производства белковых концентратов. Наиболее интенсивно в этом направлении исследуются зернобобовые культуры, среди которых следует выделить белый люпин.

Главное достоинство белого люпина – высокое содержания сырого протеина (35-40%), сбалансированного по аминокислотному составу, жира (5-20%), витаминов и каротиноидов, а также макро- и микроэлементов [3]. Этот уникальный состав определяет высокое кормовое достоинство белого люпина и его роль в сокращении дефицита растительного белка. У белого люпина высокая урожайность зеленой массы 20-40 т/га, которая в особо благоприятных условиях достигает до 100 т, а урожай зерна можно устойчиво получать на уровне 3-4 т/га [4].

Белый люпин как зернобобовая культура является основным источником растительного белка для сельскохозяйственных животных и птицы. Он полностью отвечает требованию интенсивного животноводства – наличие в единице корма максимального количества обменной энергии [5]. Это соответствие достигается, в первую очередь, благодаря повышенному содержанию (по сравнению с другими зернобобовыми культурами) сырого протеина [6].

В зерне белого люпина содержится сырого протеина до 40%, сырого жира – 9%, сырой клетчатки – 11%, алкалоидов – 0,04-0,05%, что ниже предельно допустимой нормы для кормовых сортов 0,3%. При удалении оболочки, которая составляет 15-20% от массы зерна, содержание сырого протеина повышается на 7-8% и достигает 46-48%, жира – 11%, а доля сырой клетчатки сокращается до 2%.

Качество белков корма оценивают по его биологической полноценности, которая определяется по содержанию, соотношению и усвояемости незаменимых аминокислот. Например, сбалансированное аминокислотное питание птицы обеспечивает высокую яичную и мясную продуктивность, во многом формируя качество получаемой продукции. Полноценные по аминокислотному составу корма должны обязательно входить в состав рациона, как основной источник протеина [7].

Содержание практически всех незаменимых аминокислот в сыром протеине белого люпина выше, чем у других зернобобовых культур. Соя превосходит белый люпин по количеству лизина. А по двум аминокислотам – метионину и цистину, относящимся к серосодержащим, и взаимосвязанным в организме животных и птицы – соя и белый люпин не уступают друг другу.

Белый люпин – однолетнее травянистое растение. При прорастании белый люпин выносит семядоли на поверхность. Оптимальная температура прорастания семян белого люпина $+(15-16)^{\circ}\text{C}$, а минимальная $+(4-6)^{\circ}\text{C}$. Всходы люпина выносят понижение температуры до $-(2-3)^{\circ}\text{C}$, а в фазе 4-6 настоящих листьев до $(-4)^{\circ}\text{C}$. Чем выше температура при наличии влаги в почве, тем быстрее идет его рост и развитие. Понижение температуры замедляет и удлиняет все фазы развития, а при температуре ниже $+10^{\circ}\text{C}$ прохождение фаз развития у белого люпина приостанавливается. Для набухания и прорастания семян белого люпина требуется 110-120% воды от массы семян. Поэтому их высевают в ранние сроки, чтобы семена попали во влажный слой почвы.

Период вегетации у белого люпина можно разделить на фазы всходов, бутонизации, цветения, образования бобов, выполненных бобов и созревания. Характеристики роста и развития белого люпина по периодам вегетации сильно зависят от погодных условий. Большинство исследователей отмечает, что температура значительно изменяет продолжительность прохождения отдельных периодов растениями. Большое значение для белого люпина имеет температурный режим в межфазный период цветения-созревания семян, на который приходится 42-50% суммы температур всего вегетационного периода. Чем выше средняя температура воздуха в этот период, тем быстрее созревают семена. С понижением температуры воздуха при продвижении люпина с юга на север продолжительность этого периода увеличивается, и созревание семян затягива-

ется. Сумма температур выше 14°C, которая необходима от всходов до созревания белого люпина, составляет 1800-2100°C.

Продолжительность отдельных периодов вегетации в целом зависит от вида и сорта. У сортов с ограниченным ветвлением периоды короче, чем у сортов, образующих побеги высших порядков.

Важным условием формирования высокого урожая является обеспечение растений влагой в период от посева до фазы блестящих бобов. Относясь к числу влаголюбивых растений, белый люпин в то же время является достаточно засухоустойчивым, т.к. имеет хорошо развитую корневую систему. Белый люпин безболезненно переносит непродолжительные засухи, если они не совпадают с периодами наибольшей потребности во влаге. Таких периодов наибольшей чувствительности его к недостатку влаги два:

- 1) прораствание семян;
- 2) формирования на растениях генеративных органов от фазы бутонизации до образования бобов.

Недостаток влаги во время цветения и образования бобов вызывает опадание цветков, что в свою очередь ведет к снижению, а иногда и к полной потере урожая. При избыточном увлажнении у растений может начаться избыточный рост вегетативной массы.

Белый люпин с успехом растет на разных по составу почвах. Корень люпина проникает на глубину до 1,5-2 м и способен формировать большую корневую массу даже на бедных почвах, что дает возможность растениям использовать питательные элементы из нижележащих слоев почвы, недоступные для других растений.

Белый люпин способен при благоприятных условиях симбиоза с клубеньковыми бактериями фиксировать до 300 кг/га в Нечерноземной зоне и 350-400 кг/га атмосферного азота в Центральном Черноземье [8]. При благоприятных условиях симбиоза люпин на 80% обеспечивает свою потребность в азоте за счет симбиотической азотфиксации. Это делает применение азотных удобрений оправданным только в тех случаях, когда весной в период от посева до начала цветения растения испытывают дефицит в азоте из-за его недостатка в почве или появления конкуренции за минеральный азот со стороны сорного компонента агроценоза и деятельности микроорганизмов, использующих азот для разложения пожнивно-корневых остатков предшествующих культур севооборота [9].

В начале роста белый люпин использует фосфор, содержащийся в семядолях. В дальнейшем свою потребность в фосфоре растения удовлетворяют за счет фосфатов, в т.ч. трехзамещенных фосфатов почвы и минеральных удобрений, которые недоступны для питания другим культурам [10]. Белый люпин является концентратором для марганца и кобальта, поэтому культура хорошо отзывается на применение этих микроэлементов.

Белый люпин, по сравнению с другими видами люпина, более требователен к уровню плодородия почвы. Высокие урожаи белого люпина получают на хорошо окультуренных, водопроницаемых, плодородных почвах, имеющих величину кислотности близкую к нейтральной. По механическому составу пред-

почтительны легкие и средние суглинки. непригодны для возделывания люпина тяжелые, сырые, кислые почвы с близко залегающими грунтовыми водами.

Для формирования 1 тонны зерна белого люпина необходимо 60-70 кг азота, 15-16 кг фосфора, 30-35 кг калия, 20-25 кг кальция и 15-17 кг магния. Такое интенсивное потребление питательных элементов позволяет ему иметь уникальный химический состав зерна [3].

Лучшие предшественники для белого люпина – озимые и яровые зерновые культуры. Хорошо влияет на увеличение урожая белого люпина возделывание его после сидератов. Белый люпин является лучшим предшественником для зерновых культур. После него урожаи зерновых увеличиваются на 5-10 ц/га, т.к. последующие культуры обеспечиваются питательными элементами в достаточном количестве для формирования такой прибавки.

Распространение белого люпина определяется его востребованностью в животноводстве. Белковая часть рациона животных и птицы, как правило, составляет 15-20% от сухой массы корма. Но стоимость этой части может достигать 50-70% от стоимости корма. Это можно использовать при посеве белого люпина с зерновыми культурами.

Смешанные посевы (дублирующий термин – гетерогенные посевы) – это посевы двух и более культур на одной площади пашни. Их нельзя отнести к уплотненным посевам, где при возделывании одной культуры (как правило, пропашной) в междурядьях высевают другую культуру. Но их применение является одним из приемов повышения продуктивности пашни, повышения плодородия почв и снижения пестицидной нагрузки на окружающую среду.

Смешанные посевы сельскохозяйственных культур известны давно и с успехом используются в производстве. Различные сочетания в посевах бобовых и злаковых растений, зерновых и зернобобовых культур, суданской травы с зерновыми бобовыми для использования на зеленый корм, на сено и сенаж, зернофураж и зерно являются основой земледелия в России [4].

Взаимоотношения растительных организмов в экосистеме определяет взаимное средообразование, которое формируется как под воздействием окружающей среды на растения в смешанном посеве, так и растениями смешанного посева на окружающую среду. В результате этого растения, формирующие растительное сообщество оказываются звеньями единой сложно развитой во времени и пространстве цепи, организованной в агроэкосистему.

Взаимное влияние составных частей искусственно созданной агроэкосистемы, которая является частью более широкой экосистемы, разделены на три основные группы: контактные, трансбиотические и трансиотические. Контактные взаимоотношения в полевых условиях значения не имеют. Трансиотические взаимоотношения больше распространены в естественных экосистемах – лугах, в т.ч. и подсеваемых. Главную роль агроэкосистеме играют трансбиотические взаимоотношения: трофическое, гидрологическое, радиационное и аллелопатическое.

Трофические взаимоотношения в агроэкосистеме могут носить как конкурирующий характер за питательные элементы, необходимые для роста и развития растений, так и взаимодополняемый. Например, в азотном питании за счет

биологического азота, накопленного микроорганизмами при симбиотической и ассоциативной азотфиксации, при обеспечении растений фосфором из трехзамещенных фосфатов, который доступен для одних растений и недоступен для других.

Гидрологические взаимоотношения компонентов смешанного посева показывают возможность использования растениями влаги из разных слоев почвы из-за разного строения корневой системы растений, составляющих смешанный посев, и ее экономичного использования, в т.ч. за счет подавления сорного компонента агроэкосистемы через исключение его из водопотребления.

Радиационные взаимоотношения связаны с поглощением углекислого газа и трансформацией углерода в растении, осуществляемого за счет энергии солнца. Повышение продуктивности культурных растений получается тогда, когда площадь листовой поверхности превышает площадь поверхности земли, на которой растут растения, в 4-5 раз. Также считает и А.А. Жученко, что «увеличение листовой поверхности до 5-8 м² на 1 м²» позволяет «значительно увеличить продуктивность агроэкосистемы». В таких посевах более высокая фотосинтетическая производительность достигается за счет увеличения общей площади листовой поверхности до 60 тыс. м²/га, что на 15-20% больше, чем в одновидовых посевах. При этом КПД фотосинтеза достигается путем увеличения многоярусности агроэкосистемы, более равномерного распределения листьев по высоте, более полного поглощения солнечной энергии из-за подавления сорного компонента в посевах. Синергический эффект повышения продуктивности смешанного посева объясняется более экономичным расходом влаги, улучшением питания растений, лучшим использованием солнечного света и снижением потерь урожая от уменьшения численного состава сорного компонента и распространенности болезней.

Аллелопатические взаимоотношения как проблема биологии неразрывно связаны с круговоротом физиологически активных веществ в агроэкосистеме и в этом отношении эта проблема сближается с проблемой круговорота органического вещества в экосистеме и, как частный случай, круговорота питательных элементов. Отсюда становится виден масштаб проблемы, влияние такого взаимоотношения на рост и развитие культурных растений.

Таким образом, понимание преимуществ смешанных посевов перед одновидовыми заставляет сформулировать технологические требования к составляющим их компонентам.

1. Необходим выбор культур исходя из решения вопросов экономики производства сельскохозяйственных культур. Необходимо получать продукцию, реализация которой приведет к получению большей прибыли.

2. Необходим выбор культур, комплементарных друг другу.

3. Необходим подбор сортов, синхронизированных по срокам созревания и при возникновении условий, при которых уборка культур невозможна по метеорологическим условиям, продукция не должна терять качество.

4. Необходимо проведение агротехнических мероприятий, направленных на повышение плодородия почв, в т.ч. применение агрохимических средств, со-

держат питательные вещества в форме, недоступной для большинства культурных растений.

5. Необходимо разработать беспестицидные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в которых используется биологические особенности сельскохозяйственных растений, направленных на вытеснение сорного компонента из смешанных посевов и взаимное подавление патогенов, вызывающих болезни растений, составляющих смешанный посев.

6. Необходимо разработать технологию уборки смешанных посевов и определить режимы работы уборочной техники, которые позволяют получать продукцию без ее травмирования для последующей лучшей сохранности.

Список использованных источников

1. Зверев С.В., Ставцев А.Э., Цыгуткин А.С. Белый люпин: обрушение и термообработка зерна. – М.: Сам Полиграфист, 2019. – 128 с.
2. Гатаулина Г.Г., Цыгуткин А.С. Основа белковой независимости России // Белый люпин. – 2014. – №2. – С. 2-6.
3. Ставцев А.Э., Цыгуткин А.С. Содержание азота в зерне белого люпина и его вынос с урожаем / Фундаментальные проблемы управления циклом азота в современной земледелии: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Владимир: ВНИПТИОУ – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ». 17-20 сентября 2019 г. / Иваново: ПресСто. – 2019. – С. 274-281.
4. Такунов И.П., Слесарева Т.Н. Смешанные посевы белого люпина с яровой пшеницей // Белый люпин. – 2015. – №1. – С. 25-29.
5. Андрианова Е.Н. и др./ Люпин в кормлении сельскохозяйственной птицы // Птицеводство. – 2019. – №11-12. – С. 31-36.
6. Цыгуткин А.С., Штелле А.Л., Андрианова Е.Н., Медведева Н.В. Аминокислотный состав зерна белого люпина сортов Гамма и Дега // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №9. – С. 41-43.
7. Егоров И.А. и другие/ Использование белкового концентрата на основе белого люпина в рационах цыплят-бройлеров // Птица и птицепродукты. – 2017. – № 1. – С. 33-36.
8. Зульцэцг Чадраабал и другие / Влияние новых изолятов клубеньковых бактерий на рост и развитие белого люпина сорта Детер 1 // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 11. – С. 78-80.
9. Шапкина Ю.С. и другие / Фитосанитарное состояние посевов белого люпина на Северо-Востоке и Юго-Западе Центрального Черноземья // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №9. – С. 29-31.
10. Агрохимический словарь. Термины и определения. – М.: Агроконсалт, 1999. – 48 с.

References

1. Zverev S.V., Stavtsev A.E., Tsygutkin A.S. White lupine: grain caving and heat treatment. - M.: Sam Polygraphist, 2019. - 128 p.
2. Gataulina G.G., Tsygutkin A.S. The basis of protein independence of Russia // White lupine. - 2014. - No. 2. - P. 2-6.
3. Stavtsev A.E., Tsygutkin A.S. The nitrogen content in the grain of white lupine and its removal with the harvest / Fundamental problems of nitrogen cycle management in modern agriculture: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific-practical conference with international participation. - Vladimir: VNIPTIOU is a branch of the FGBNU "Verkhnevolzhsky FANTS". September 17-20, 2019 / Ivanovo: PressSto. - 2019. - P. 274-281.
4. Takunov I.P., Slesareva T.N. Mixed crops of white lupine with spring wheat // White lupine. - 2015. - No. 1. - P. 25-29.

5. Andrianova E.N. et al. / Lupine in the feeding of agricultural poultry // Poultry farming. - 2019. - No. 11-12. - P. 31-36.
6. Tsygutkin A.S., Shtelle A.L., Andrianova E.N., Medvedeva N.V. Amino acid composition of white lupine grain of varieties Gamma and Degas // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2011. - No. 9. - P. 41-43.
7. Egorov I.A. and others / Use of protein concentrate based on white lupine in broiler chicken diets // Poultry and poultry products. - 2017. - No. 1. - P. 33-36.
8. Zulcsetseg Chadraabal and others / Influence of new isolates of nodule bacteria on the growth and development of white lupine variety Deter 1 // Achievements of science and technology of agro-industrial complex. - 2015. - Т. 29. - No. 11. - P. 78-80.
9. Shapkina Yu.S. and others / Phytosanitary state of white lupine crops in the North-East and South-West of the Central Chernozem region // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2011. - No. 9. - P. 29-31.
10. Agrochemical Dictionary. Terms and Definitions. - М.: Agroconsult, 1999. - 48 p.

УДК 581.526:633/635

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.60.77.050

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ГАЛОФИТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинова Э.З.

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, Московская область, г. Лобня, Россия

***Аннотация.** Галофиты (galos – соль, phyton – растение), насчитывающие в мировой флоре более 2000 видов, способны нормально функционировать и продуцировать в условиях высокой засоленности среды, способны к выделению избытка солей в окружающую среду, поддержанию солевого баланса в цитоплазме клеток, а также принадлежность большинства галофитов к C₄-типу фотосинтеза обеспечивает эффективность использования ими воды.*

***Ключевые слова:** галофиты, генетические ресурсы, засоленная среда, C₄-тип фотосинтеза*

THE GENETIC RESOURCES OF HALOPHYTES AND PROSPECTS FOR THEIR USE IN THE CROP PRODUCTION SYSTEM

Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinova E.Z.

Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Lobnya, Moscow region, Russia

***Abstract.** The halophytes (galos – salt, phyton – plant), numbering more than 2000 species in the world's flora, are able to function normally and produce in a highly saline environment, are able to release excess salts into the environment, maintain the salt balance in the cytoplasm of cells, and most halophytes belong to the C₄-type of photosynthesis, which ensures the efficiency of their use of water.*

***Keywords:** halophytes, genetic resources, saline environment, C₄-type of photosynthesis*

Рост численности народонаселения достиг уровня, когда возникает необходимость поиска новых источников энергии, для того, чтобы удовлетворить базовые потребности человека в пище, свежей (пресной) воде.

По прогнозам ООН, в перспективе рост численности населения преимущественно придется на развивающиеся страны, в которых уже сейчас проживает более 60% населения планеты и к 2025 г. достигнет 80%. Для обеспечения растущего спроса на продовольствие до 2030 г. необходимо увеличить мировое производство продуктов питания на 60% и расход воды при орошении на 14% [2].

В контексте сказанного в настоящее время одной из важнейших и глобальных проблем является поиск достаточного количества земельных ресурсов и воды для удовлетворения потребностей мира в пище. По данным ФАО уже в ближайшие 30 лет необходимо освоить 200 млн. га земель для того, чтобы прокормить возрастающую численность населения. В течение ближайших 30-50 лет увеличение производства сельскохозяйственной продукции должно составить 30-45%, соответственно 20% для развитых и 60% для развивающихся стран [6]. Растениеводство в аридных районах, как правило, базируется на использовании для орошения пресных вод. На земном шаре запасы пресных вод не велики и составляют 2,53% по отношению к мировым водным запасам. В то же время запасы соленых вод огромны (97,47%) [2]. При возрастающем расходе пресной воды ее дефицит в ближайшие годы во всех странах значительно увеличится. Именно это обстоятельство диктует необходимость поиска путей использования засоленных земель и соленых вод для целей производства кормов, зерна, зернофуража, лекарственного сырья [7].

Среди видов природной флоры существуют экологически, биологически, физиологически и биохимически специализированные растительные организмы галофиты (*galos* – соль, *phyton* – растение), способные нормально функционировать и продуцировать при широком диапазоне засоленности почвенного раствора в пределах 0,5 – 5,0% или равные 42,2-62,2 ds/m электропроводности [11].

Анализ мирового опыта освоения галофитов в культуре, включая работы, выполненные в аридных районах Центральной Азии и России, показывает, что галофиты обладают не только большим диапазоном эколого-биологических характеристик, но и широким спектром возможностей их хозяйственного использования. Генетические ресурсы галофитов представляют интерес как источник кормовых, масличных, лекарственных, декоративных растений; в качестве энергоносителей и биомелиорантов. Галофиты часто используются как корм для животных, особенно в аридных регионах. Растения семейства *Chenopodiaceae* содержат большое количество протеина, серы, неорганических веществ, витаминов – компонентов, необходимых в рационе животных [13].

В последние три десятилетия внимание ученых привлекает проблема изучения и использования галофитов для устойчивого развития жизнеспособного сельского хозяйства и оптимизации параметров окружающей среды в аридных районах мира. Успешное функционирование галофитов и формирование высокой биомассы в условиях повышенной солености среды связано с их экологическими и физиолого-биохимическими свойствами: способностью к выделению избытка солей в окружающую среду и поддержание благодаря этому солевого баланса в цитоплазме клеток, способностью к повышению осмотического давления в клетках галофитов, формирующегося за счет увеличения содержания

ионов и низкомолекулярных органических соединений (пролины, бетаины) в клетках, обеспечивающих возможность использования труднодоступных форм почвенной влаги, принадлежность большинства галофитов к C_4 - типу фотосинтеза, что обеспечивает эффективность использования воды C_4 -растениями по сравнению с C_3 -растениями, т.е. C_4 -растения требуют меньше единиц воды для фиксации одной единицы CO_2 и создания единицы сухого вещества.

За рубежом большое внимание к опытам по выращиванию галофитов на засоленных землях аридной зоны было привлечено после опубликования в 60-е годы результатов опытов по орошению растений морской водой, проведенных в Израиле [8].

Мировое научное сообщество, озабоченное критическим состоянием пищевых ресурсов обратило внимание на потенциальные возможности использования огромных соленых водных ресурсов морей и океанов, а также подземных и коллекторно-дренажных вод, для организации производства продуктов питания. Эта проблема в настоящее время находится в центре внимания ЮНЕСКО и Европейского союза. Новая технология, разрабатываемая в ряде стран по культуре галофитов с использованием соленых вод, в ближайшей перспективе может стать важным источником производства продовольствия [8].

Обширный наблюдательный материал, накопленный в мире за последние три десятилетия, особенно в Университетах штатов Аризона, Юта, Калифорния (США), Университете Западной Австралии, Научном Центре исследований штата Сонора (Мексика), Институте исследований пустынь Университета Бен Гуриона (Израиль), соответствующий его анализ расширил наши знания в области экологии и биологии галофитов и о возможностях введения их в культуру в качестве продовольственных, кормовых и лекарственных растений [10, 11].

Работами лаборатории окружающей среды Университета Аризоны (США) изучено много видов галофитов природной флоры, из них введены в культуру однолетний галофит – саликорния в качестве масличной культуры [10, 12]. Лабораторией NYRA проф. N.P. Yensen (Аризонский университет США) наряду с кормовой и зерновой ценностями галофитов, установлена возможность реабилитации нефтезагрязненных, засоленных земель с использованием различных видов злакового галофита – *Distichlis* spp.

Галофитное растениеводство представляет собой одно из важнейших направлений в освоении и использовании малопригодных для сельского хозяйства территорий в условиях недостатка или полного отсутствия пресной воды. Галофиты являются альтернативным источником кормов, зерна, зернофуража, лекарственного и масличного сырья на землях, орошаемых солеными водами, средством реконструкции растительного покрова и повышения биологической продуктивности деградированных пастбищных земель на аридных территориях.

К крупнейшими центрам изучения и освоения галофитов для устойчивого развития рентабельного сельского хозяйства в аридных районах мира относятся Университет штата Аризона (США), Центр по организации сельского хозяйства и водных ресурсов штата Сонора (Мексика), Университет им. Д. Бен-Гуриона в Негеве (Израиль), Международный центр по галофитному земледелию (ОАЭ),

ФНЦ "ВИК им. В.Р. Вильямса" и ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (Россия).

Генетические ресурсы галофитов

Мировая флора насчитывает около 2000 видов галофитов [4], которые относятся к 550 родам и 120 семействам. Спектр десяти ведущих семейств по содержанию галофитов образуют *Chenopodiaceae* Vent., *Poaceae* Barnhart, *Asteraceae* Dumort., *Plumbaginaceae* Juss., *Aizoaceae* Rudolphi, *Cyperaceae* Juss., *Papilionaceae* Giseke, *Tamaricaceae* Link, *Arecaceae* Sch. Bip., *Zygophyllaceae* R. Br., насчитывающие более половины (56,17%) всех видов флоры галофитов мира. Наибольшее количество галофитов содержится в семействе Маревые – *Chenopodiaceae* (23,75%). Существенна роль и других семейств. Так, в мировой флоре семейства *Poaceae* (137 видов), *Asteraceae* (69), *Plumbaginaceae* (57), *Aizoaceae* (53) являются не только исключительно галофитными, но и составляют ядро галофитов во всех флорах земного шара [4].

Анализ флоры галофитов на родовом уровне показывает, что в ее составе насчитывается 550 родов с числом видов в каждом от 1 до 111. Среди полиморфных родов следует выделить *Atriplex* (111), *Limonium* (51), *Tamarix* (37), *Suaeda* (36), *Halosarcia* (23), *Sporobolus* (21), *Maireana* (17), *Frankenia* (15), *Salicornia* (15), *Salsola* (15) и др. 320 родов являются монотипными, что составляет 20,54% от общего числа видов мировой флоры галофитов.

Многие страны уже провели огромную работу по оценке внутренних ресурсов полезных галофитов. Наиболее детально эта работа проведена в малых по площади странах – Израиле, Тунисе, Кении и др. [8, 9]. В США проводится большой объем исследований по интродукции и селекции галофитов [12]. Накопленные сведения подтверждают возможность использования галофитов для решения проблем продовольствия в аридных районах мира и улучшения окружающей среды.

Флора галофитов России насчитывает более 500 видов. Это количество видов относится к 255 родам и 55 семействам [3].

Классификация галофитов

Галофиты отличаются реакцией на степень засоления почв – галотолерантностью. Диапазон минерализованности почвенного раствора, в пределах которого то или иное растение может нормально расти и возобновляться, у разных видов неодинаково. Согласно Н.И. Акжигитовой [1], галофиты можно разделить на следующие группы: 1 – гипергалофиты, 2 – эугалофиты, 3 – гемигалофиты, 4 – галогликофиты.

К гипергалофитам она относит растения избыточно засоленных почв. Их онтогенез лучше проходит в условиях засоленной среды. Эти галофиты нормально функционируют и репродуцируют на очень сильно засоленных почвах при сухом остатке: 2,3-3,0 (3,5); $Cl > 0,23\%$ при хлоридно-сульфатном засолении или соответственно 1,8-2,3%; $Cl > 0,23\%$ при сульфатно-хлоридном засолении.

К характерным и широко распространенным галофитам данной группы относятся следующие, обычно доминирующие на солончаках виды: *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) Bieb., *Halostachys caspica* C.A. Mey, *Kalidium caspicum* (L.) Ung.-Sternb., *Climacoptera crassa* (Bieb.) Botsh., *C. lanata* (Pall.)

Botsh., *Suaeda arcuata* Bunge, *S. salsa* (L.) Pall., *Salicornia europaea* L., *Frankenia pulverulenta* L. и другие.

К группе эугалофитов относятся растения, успешно произрастающие на засоленных почвах при большом диапазоне минерализации почвенного раствора [1]. Галофиты данной группы также хорошо приспособлены к сильнозасоленным почвам, однако лучше развиваются и доминируют в сообществах при меньшей засоленности субстрата, сухой остаток 1,8-2,3 (2,5), $Cl > 0,1-0,23\%$ при хлоридно-сульфатном засолении или соответственно 1,3-1,8%; $Cl > 0,1-0,23\%$ при сульфатно-хлоридном засолении. По способу приспособления это, главным образом, соленакапливающие и солевывделяющие галофиты. К распространенным доминирующим видам данной группы относятся: *Salsola orientalis* S.G. Gmel., *S. gemmascens* Pall., *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin, *Anabasis salsa* (C.A. Mey) Benth. ex Volkens, *A. brachiata* Fisch. & C.A. Mey. ex Kar. & Kir, *Nanophyton erinaceum* (Pall.) Bunge., *Limonium otolepis* (Shrenk) O. Kuntze, *Tamarix hispida* Willd., *Halolachne soongorica* Ehrenb., *Aeluropus littoralis* (Gonpan) Parl., а также однолетние виды рода *Salsola* L. и другие.

Н.И. Акжигитова [1] к третьей группе, гемигалофитов, относит растения умеренно засоленных почв. Они нормально развиваются и формируют достаточно высокую фитомассу при следующей засоленности почв: сухой остаток 1,3-1,8 (2,0), $Cl > 0,03-0,1\%$ или соответственно 0,8-1,3%; $Cl > 0,03-0,1\%$. Характерными представителями данной группы являются: *Glycyrrhiza glabra* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Limonium gmelinii* (Willd.) O. Kuntze, *Atriplex tatarica* L., *Salsola arbuscula* Pall., *Arthrophytum lehmannianum* Bunge., *Microcephala lamellata* (Bunge) Pobed., *Senecio dubius* Ledeb., *Psylliostachys suvorovii* (Regel) Roshk., *Spergularia microsperma* (Kindb.) Aschers. и другие.

К группе галогликофитов относятся растения с небольшой солеустойчивостью. Галогликофиты нормально развиваются и возобновляются при сухом остатке 0,3-0,8 (1,0), $Cl > 0,01-0,03\%$ или соответственно сухой остаток 0,1-0,2%; $Cl > 0,01-0,03\%$.

Таким образом, галофиты неоднородны по своим биоэкологическим, физиолого-биохимическим свойствам и хозяйственно-полезным характеристикам. Экологически различающиеся между собой гипергалофиты, эугалофиты, гемигалофиты и галогликофиты по-разному реагируют на избыточную засоленность почвенной среды и их солеустойчивость достаточно сильно отличаются. Галофиты гетерогенны по своему хозяйственному значению, они отличаются как кормовые растения по степени поедаемости, продуктивности, кормовым достоинствам. Наблюдается большое видовое и популяционное колебание по содержанию питательных и лекарственных (лечебных веществ, всевозможных масел).

Использование галофитов для устойчивого развития растениеводства

Галофиты как кормовые растения. Отличительными особенностями галофитов как кормовых растений являются: их достаточно высокая питательная ценность, стабильная сбалансированность кормов по питательным веществам по сезонам года, особенно в критические периоды пастбищного содержания

животных – осенью и зимой, полноценность протеина – достаточно высокое содержание незаменимых аминокислот. Эти кормовые особенности галофитов делают их наживочным кормом для овец, коз и верблюдов в аридных зонах.

Наиболее распространены по всему миру представители рода *Atriplex* L., включающего 245 видов [5]. Самые высокие показатели устойчивости к засолению отмечены у 13 видов рода *Atriplex* L. Глубокие исследования этого рода, проведенные в Австралии, США и в других странах подтвердили целесообразность использования представителей этого рода для повышения биологической продуктивности аридных пастбищ. Главная отличительная особенность *Atriplex* L. – не только их способность выживать в экстремальных условиях, но и формировать большой урожай биомассы высокого кормового достоинства.

В течение последних 25 лет Университетом штата Аризона (США) и его сетью проводились опыты по орошению галофитов морской водой в следующих пунктах: Пуэрто Пенаско, Кинобей, в Мексике (верхний залив Калифорнии; Тихоокеанское побережье Байя (Калифорния); Объединенные Арабские Эмираты (Оманский залив); Хургада, Египет (Северные территории к Красному морю) и в нескольких пунктах Аравийского залива (Абу-Даби, Дубай, Кувейт Сити). Средняя урожайность галофитов в Мексике достигала 17-34 т/га сухого вещества и сравнительно легко была получена при орошении морской водой [10].

Среди испытанных видов наибольшей отзывчивостью к орошению морской водой и продуктивностью отличился *Atriplex barclayana* Hall & Clements, который характеризуется высокими кормовыми достоинствами и хорошей поедаемостью кормовой массы. Другой перспективный вид – *Atriplex lentiformis* (Torr.) S. Watson на поливе морской водой быстро растет, достигая 2,5 м. Кроме этого, данный вид отличается высокими кормовыми качествами (содержит до 27,7% протеина).

Отмечается высокая переваримость при использовании кохии на корм овцам. В Мексике на опытной станции «Мескиталь дель Оро де Эрмосильо» получены положительные результаты в опытах по кормлению молодняка крупного рогатого скота, овец, молочных коз сухой измельченной массой галофитов, включая варианты с их промыванием пресной водой и обогащением премиксами.

В Центральном Кызылкуме нами проведен цикл исследований по выращиванию кормовых галофитов при орошении соленой водой (2500 мг/л). Почвы экспериментального участка – песчано-пустынные, супесчаного механического состава, годовая сумма осадков – 80-130 мм. Среднегодовая температура воздуха – 15°C, средняя температура января – минус 1°C, июля – +27,5°C. Продолжительность вегетационного периода (выше 10°C) – 211-220 дней, сумма активных температур – 4000-4500°C.

Данные, характеризующие рост, развитие, продуктивность галофитных видов и их образцов, собранных в различных природно-экологических условиях аридных зон Центральной Азии, при орошении соленой водой подземных источников приведены в таблице.

Таблица - Рост, развитие и продуктивность галофитов в условиях коллекционного питомника при орошении соленой водой подземных источников в Центральном Кызылкуме

№№	Происхождение образцов	Густота стояния растений, тыс.га	Высота растений, см	Урожай кормовой массы, т/га	
				зеленой	сухой
<i>Климакоптера мясистая – Climacoptera crassa</i>					
К-7	Каракалпакия, Берунийский р-н, урочище Алтынсай	203,3±2,6	63,3±2,2	114,4	21,1
К-20	Узбекистан, Бухарская обл., Канимехский р-н, совхоз "40 лет Октября"	173,3±2,5	75,3±0,9	96,6	17,9
К-19	Узбекистан, Хорезмская обл., Хивинский р-н, озеро Комсомольское	166,6±4,1	46,3±1,2	63,3	11,7
К-10	Узбекистан, Бухарская обл., Кызылтипинский р-н, совхоз "Комсомол"	153,3±2,6	46,6±1,8	66,1	12,2
К-11	Каракалпакия, Элликалинский р-н, озеро Акча-Пул	136,6±10,2	58,3±4,7	70,0	12,9
<i>Сведа дуголистная – Suaeda arcuata</i>					
К-59	Узбекистан, Самаркандская обл.	15,3±1,47	113,3±6,1	54,4	10,8
<i>Солянка туркестанская – Salsola turkestanica</i>					
К-4471	Казахстан, Кызыл-Ординская обл., Жама-Курганский р-н, окр. Аккуик	116,0±0,9	89,6±2,2	62,2	11,5
<i>Кохия веничная – Kochia scoparia</i>					
	Узбекистан, окрестности г. Самарканд	188,3±10,4	116,6±1,4	42,1	17,3
<i>Бассия иссополистная – Bassia hyssopifolia</i>					
	Узбекистан, Бухарская обл., Канимехский р-н, совхоз "40 лет Октября"	24,1±1,5	136,4±3,9	64,8	16,2

Однолетний галофит климакоптера мясистая характеризуется исключительно высоким внутривидовым разнообразием по признаку продуктивности: среди испытываемых форм наибольшую кормовую массу накапливает образец К-7, собранный в Каракалпакии в урочище Алтынсай, составивший 21,17 т/га, образцы К-20, К-11 формируют 12,95-17,88 т/га сухого вещества. В то же время встречались образцы климакоптеры с невысокой продуктивностью (2,2-4,5 т/га сухого вещества).

Наряду с климакоптерой мясистой довольно высокую кормовую массу формируют в условиях орошения соленой водой другие виды однолетних галофитов: сведа дуголистная – 10,8 т/га сухого вещества, солянка туркестанская – 11,5 т/га, бассия иссополистная – 16,2 т/га сухого вещества, кохия веничная – 17,3 т/га.

Галофиты как масличные растения. В настоящее время введен в культуру в США, Мексике, Саудовской Аравии, Египте в качестве масличной культуры

однолетний галофит саликорния, создан сорт этого галофита, получивший название SOS-7, который формирует при орошении морской водой 20 т/га сухого вещества, 2 т/га семян с содержанием масла 30% и обеспечивает получение 600 кг масла с 1 га. Общие затраты на 1 га возделываемой культуры составляют 600-650 американских долларов при себестоимости одной тонны семян 300-350 американских долларов.

В США, Мексике, Израиле в культуру введена *Simmondsia chinensis* С.К. Schneider – американское название "хохоба" – дикорастущий кустарник. Ценное ее свойство – высокая устойчивость к засолению. Произрастает на участках, где уровень грунтовых засоленных вод находится на глубине 1,8 м от поверхности. В Израиле промышленные плантации симондзии заложены на побережье Мертвого моря. Содержание масла в семенах симондзии около 50%, протеина – до 35%. Практическая ценность симондзии определяется уникальным качеством масла, получаемого из ее семян. Из симондзии получают смазочные средства, сохраняющие вязкость в условиях высокого давления, низких и высоких температур, что позволяет применять их в высокоскоростной технике.

Заключение

Галофиты, насчитывающие в мировой флоре более 2000 видов, способны нормально функционировать и продуцировать в условиях засоленной среды. Эта их способность обусловлена специфическими физиолого-биохимическими особенностями: повышенными показателями осмотического давления клеточного сока, достигающих 50-80 атм., ион-транспортными системами, обеспечивающими относительное содержание ионов в цитоплазме клеток и принадлежностью к типу с C₄-типом фотосинтеза.

Растительные ресурсы галофитов природной флоры огромны и имеют большое значение для освоения в культуре в качестве кормовых, лекарственных, масличных растений, в качестве энергоносителей и растений-биомелиорантов.

Анализ и оценка имеющихся данных относительно эколого-биологических свойств и хозяйственно-ценных признаков галофитных растений показали, что среди них имеются более 50 видов, представляющих потенциальный интерес для непосредственного испытания с целью введения их в культуру в аридных районах России. К ним относятся виды рода солянка (*Salsola* L.), климакоптера (*Climacoptera* Botsch.), сведа (*Suaeda* Forssk. ex Scop.), солерос (*Salicornia* L.), саксаулы (*Haloxylon* Bunge), тамариксы (*Tamarix* L.), лебеда (*Atriplex* L.), галимокнемис (*Halimocnemis* С.А. Mey), галохарис (*Halocharis* Moq), кохия (*Kochia* Roth), гамантус (*Gamanthus* Bunge), кумарчик (*Agriophyllum* Bieb. ex С.А. Mey.), бассия (*Bassia* All.), солодка (*Glycyrrhiza* L.) и другие. При освоении засоленных, песчаных, полупустынных земель галофиты формируют при орошении соленой водой 8-20 т/га сухого вещества, 1,0-3,5 т семян, обеспечивают получение 1,5-2,0 т/га протеина. Таким образом, галофитное растениеводство, использующее для орошения соленые воды (морские, коллекторно-дренажные, подземные), может стать крупным источником производства высокобелковых, энергонасыщенных кормов, зернофуража, лекарственного и масличного сырья,

а также эффективным средством биологической мелиорации деградированных агроландшафтов.

Задачи научных исследований ближайших лет сводятся к необходимости развертывания работ по дальнейшей мобилизации мировых растительных ресурсов галофитов на видовом и экотипическом уровнях, создания их генофонда, к комплексному изучению и оценке средообразующей функции галофитных растений, развитию адаптивных методов селекции и созданию сортов кормового, лекарственного, пищевого, масличного направлений, разработке технологии их возделывания и систем биологической мелиорации деградированных агроландшафтов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-16-00114)

Список использованных источников

1. Акжигитова Н.И. Галофитная растительность Средней Азии и ее индикационные свойства. Ташкент, 1982. 190 с.
2. Ларионов В.Г. Водные ресурсы мира: проблемы и решения // Экономика и менеджмент 2010. I междунар. науч.-практ. конф. Варна, 16-18 сент. 2010 г. Варна: Техн. ун-т Варна, 2010. С. 87-93.
3. Шамсутдинов З.Ш., Савченко В.И., Шамсутдинов Н.З. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. – М.: Эдель-М, 2001. 399 с.
4. Шамсутдинов Н.З. Генетические ресурсы галофитов и биологические основы введения их в культуру в аридных районах России / Автореф. дисс. доктора биол. наук. Санкт-Петербург 2006. 43 с.
5. Aronson J. Economic halophytes – a global review // In: Plants for arid lands. Royal Botanic Garden. Kew, 1985. P. 117-188.
6. Biosaline Agricultural and salinity tolerance in plants // Birkhauser Verlag. Basel. Boston. Berlin, 2006. 367 p.
7. Bouwer H. Integrated water management for the 21st century: problems and solutions // J. Irrig Drain Eng. 2002. V. 28. P. 193-202.
8. Boyko H (ed.) Salinity and Aridite. The Hague. Dr. W. Junk. 1966. 408 p.
9. Forti M. Salt tolerant and halophytic plants in Israel // In: Forage and fuel production from salt-affected wasteland. 1986. P. 83-96.
10. Halophytes for livestock, rehabilitation of degraded and sequestering atmospheric carbon // Eds. By A.T. Ayoub and C.V. Malcolm. UNEP, 1993. 60 p.
11. Lieth H., Herzog B., Varnskuehler J. Contributions to the 2006 meeting on sustainable utilization of cash crop halophytes in Tunis // Biosaline Agriculture and High Salinity Tolerance. Birkhauser Verlag, Basel – Boston – Berlin, 2008. P. 345-361.
12. O'Leary J.W. Halophytes: Arizona Land and People. 1985. 36, 3. 15 p.
13. Yensen N.P. International Symposium of High Salinity Tolerant Plants. Summary of Papers Presented. In: Biology of Salt Tolerant Plants (M.A. Khan and I.A. Ungar, eds.), Ohio University, Athens, 1995. P. 1-12.

References

1. Akzhigitova N. I. Halophytic vegetation of Central Asia and its indicative properties. Tashkent, 1982. 190 p.
2. Larionov V. G. Water resources of the world: problems and solutions // Economics and management 2010. I mezhhdunar. scientific-practical Conf. Varna, 16-18 Sept. Two thousand ten Varna: Varna Tech. UN-t Varna, 2010. Pp. 87-93.

3. Shamsutdinov Z. sh., Savchenko V. I., Shamsutdinov N. Z. Halophytes of Russia, their ecological assessment and use. - Moscow: Edel-M, 2001. 399 p.
4. Shamsutdinov N. Z. Genetic resources of halophytes and biological bases of their introduction into culture in arid regions of Russia / Abstract of dissertation for the degree of doctor of biology. Saint Petersburg 2006. 43 p.
5. Aronson J. Economic halophytes – a global review // In: Plants for arid lands. Royal Botanic Garden. Kew, 1985. P. 117-188.
6. Biosaline Agricultural and salinity tolerance in plants // Birkhauser Verlag. Basel. Boston. Berlin, 2006. 367 p.
7. Bouwer H. Integrated water management for the 21st century: problems and solutions // J. Irrig Drain Eng. 2002. V. 28. P. 193-202.
8. Boyko H (ed.) Salinity and Aridite. The Hague. Dr. W. Junk. 1966. 408 p.
9. Forti M. Salt tolerant and halophytic plants in Israel // In: Forage and fuel production from salt-affected wasteland. 1986. P. 83-96.
10. Halophytes for livestock, rehabilitation of degraded and sequestering atmospheric carbon // Eds. By A.T. Ayoub and C.V. Malcolm. UNEP, 1993. 60 p.
11. Lieth H., Herzog B., Varnskuehler J. Contributions to the 2006 meeting on sustainable utilization of cash crop halophytes in Tunisia // Biosaline Agriculture and High Salinity Tolerance. Birkhauser Verlag, Basel – Boston – Berlin, 2008. P. 345-361.
12. O'Leary J.W. Halophytes: Arizona Land and People. 1985. 36, 3. 15 p.
13. Yensen N.P. International Symposium of High Salinity Tolerant Plants. Summary of Papers Presented. In: Biology of Salt Tolerant Plants (M.A. Khan and I.A. Ungar, eds.), Ohio University, Athens, 1995. P. 1-12.

УДК 633.303.26/29

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.20.77.051

О ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВАХ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ

Шамсутдинов Н.З.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

***Аннотация.** В качестве объекта исследований рассматривается эколого-формирующая, эколого-восстановительная функции экологически специализированных видов фитомелиорации и их системных образований-агробιοгеоценозов; в качестве теоретических основ технологий фитомелиорации рассматривается совокупность методов и приемов, основанных на знаниях об эколого-формирующей, эколого-восстановительной функциях растений и восстановлении природно-ресурсного потенциала деградированных сельскохозяйственных угодий.*

***Ключевые слова:** фитомелиорация, растительность, эколого-формирующая, эколого-восстановительная функция, растительные формы жизни, доминирующие виды, консорты*

ABOUT THE THEORETICAL BASICS OF PHYTOMELIORATION

Shamsutdinov N. Z.

The All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

***Abstract.** Environment-forming, environment-restoring functions of ecologically specialized species and their systemic formations – agrobiogeocenoses is considered as the scientific object of phytomelioration; a combination of methods and techniques based on knowledge of the environ-*

ment-forming, environment-restoring functions of plants and for restoration the natural resource potential of degraded agricultural landscapes is seen as a theoretical basics of technologies of phytomelioration.

Keywords: *phytomelioration, vegetation, environment-forming, environment-restoring function, plant life forms, dominant species, consortia*

Современные природные экосистемы испытывают мощное антропогенное воздействие. Согласно теории устойчивого развития, сила и масштаб влияния человека на окружающую среду прямо пропорциональны количеству населения, экономическому благосостоянию и уровню развития технологий освоения ресурсов. Общеизвестно, что хозяйственная деятельность человека в той или иной степени разрушает структуру и функционирование биогеоценозов, преобразует базовый компонент ландшафта – рельефа. Образуются так называемые нарушенные земли. Согласно законодательству России и многих зарубежных стран нарушенные земли подлежат рекультивации/экологической реставрации.

Согласно официальному определению (ГОСТ 17.5.1.01-83) нарушенные земли есть земли, утратившие в связи с их нарушениям первоначальную хозяйственную ценность и являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду. Действующие «Основные положения о рекультивации земель...» (Приказы Минприроды № 525 и Роскомзема № 67 от 22 декабря 1995 года) несколько расширяют это определение: Нарушенные земли – земли, утратившие свою хозяйственную ценность или являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду в связи с нарушением почвенного покрова, гидрологического режима и образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности.

Для восстановления утраченного биоразнообразия и природно-ресурсного потенциала земель осуществляют мероприятия по фитомелиорации нарушенных земель. В данной статье фитомелиорация рассматривается как наука. Фитомелиорация как наука исследует закономерности средообразующей и средовосстанавливающей функции растений и их системных образований – агробиогеоценозов [1-7]. Необходимо конкретизировать поле деятельности фитомелиорации, поскольку это нужно для выяснения контакта фитомелиорации с биогеоценологией. Ю.П. Бяллович [1] объем фитомелиорации определял следующим образом (табл. 1).

Согласно Бялловичу [1] «В основе общей теории фитомелиорации лежит биогеоценологическое понятие естественной (природной) преобразовательной (режимной) функции растительности. Сущность преобразовательной функции заключается в закономерных изменениях растительностью геофизического и биохимического режимов биогеоценозов, биогосферы и биосферы в целом, а также в вызываемых этими изменениями перестройках всех остальных компонентов биогеоценоза».

Фитомелиорация как наука, таким образом, основывается на принципах восстановительной экологии, использующей средообразующие, средовосстанавливающие, средооптимизирующие свойства растительности для восстанов-

ления и повышения природно-ресурсного потенциала деградированных агроландшафтов.

Таблица 1 - Объем фитомелиорации

Отрасль и некоторые ее разделы	Критерии качества оптимизации
<p><u>Гуманитарная</u> На территориях, акваториях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • заселенных • промышленных • транспортных • биопродукционных • рекреационных <p><u>Интерьерная</u> (в помещениях) <u>Природоохранная</u> (в частности, природные заказники и заповедники)</p> <p><u>Биопродукционная</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • сельскохозяйственная • лесохозяйственная • рыбохозяйственная • охотохозяйственная <p><u>Инженерная</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • дорожная • гидротехническая 	<p>Оздоровление ноосферы (наиболее благоприятная экологическая среда для физического и духовного состояния общественного человека)</p> <p>Сохранение и улучшение возобновляемых природных ресурсов целноприродных компонентов, в том числе естественных биогеоценозов и биогеосистем</p> <p>Повышение количества и качества полезной для общества биологической продукции при нужном соотношении ее видов</p> <p>Улучшение условий эксплуатации инженерных сооружений, чувствительных к воздействиям ноосферы</p>

Совершенно справедливо Ю.П. Бяллович считает, что «...объекты фитомелиорации и биогеоценологии совпадают во всем своем объеме» и «...природные закономерности строения и функционирования биогеоценоза вскрывает биогеоценология, тем самым она является теоретической базой фитомелиорации» [1].

Важнейшее свойство биогеоценоза наряду с его устойчивостью – это способность к регенерации структурной схемы при ее нарушении. Кроме этого биогеоценоз служит основным полем адаптогенеза и сопряженной эволюции организмов, что в известной степени является механизмом развития и преобразования самой его структуры. При этом главной тенденцией совершенствования структуры является стремление к устойчивой целостности биогеоценоза – элементарной структурной части биосферы [6].

Структурная организация и особенности функционирования биогеоценозов подчиняются зональным закономерностям. Зональный тип биогеоценоза представляет собой группу близких вариантов элементарных экосистем, объединенных единой схемой структурной организации, сходным средним уровнем биопродукционного процесса и совпадением или близким ритмом функци-

ональных связей главных компонентов биоконплекса. Зональный тип биогеоценоза обладает эмерджентным свойством природной элементарной экологической системы, способной проявляться в той же типовой схеме в различных районах природной зоны и в сходных по генезису и набору ландшафтов на разных континентах Земли, хотя в этих случаях схема зонального типа биогеоценоза может осуществляться иным набором организмов, иногда таксономически весьма далекими [8]. Наиболее существенные и глубоко специфические особенности биогеоценоза и их системных образований – биосферы – это наличие сконцентрированной и активно функционирующей в ней массы растительных и животных организмов, в совокупности образующих «живое вещество планеты» [2]. Хотя одновременно функционирующая масса живых организмов в масштабе планеты не велика и составляет около 1/6000000 от массы земного шара, однако по своей деятельности и последствиям живые организмы являются одной из могущественных геохимических сил планеты.

К основным функциям живого вещества, согласно В.И. Вернадскому [2], относятся: энергетическая, концентрационная, деструктивная, средообразующая и транспортная. С позиции дальнейшего развития теории и практики фитомелиорации экологически дестабилизированных ландшафтов имеют особенно большое значение первые три функции. Энергетическая функция биосферы проявляется в ассимиляции живым веществом энергии и передаче ее по трофической цепи. Живое вещество биосферы является совершенным приемником солнечной энергии. Согласно В.И. Вернадскому, поверхность Земли составляет 0,0001% поверхности Солнца, а суммарная поверхность ассимиляционного аппарата растений от 0,86 до 4,2%. Па. На собственные нужды организмы расходуют не более 10–12% ассимилированной ими энергии, остальная ее часть перераспределяется внутри экосистемы. Частично энергия рассеивается, а частично накапливается в биогенном веществе. Вторая основная функция, осуществляемая живым веществом в биосфере – концентрационная. Вещество, концентрируемое в биосфере, частично используется для построения тела организмов, частично выделяется во внешнюю среду. В современной биосфере организмы массами извлекают из недонасыщенных растворов углекислые соли кальция, магния, стронция, фосфора, йода, серы и другие компоненты, действуют они при этом строго избирательно. Галофиты, растения засоленных мест обитания, накапливают 30–50% зольных веществ в своих тканях. Активными концентратами многих элементов являются микроорганизмы. В продуктах жизнедеятельности некоторых видов микроорганизмов по сравнению с окружающей средой содержание марганца увеличено в 1200000 раз, железа – в 650000 раз и т.д.

Третья функция живого вещества в биосфере – деструкция неживого вещества и вовлечение его в биотический круговорот. Разложением отмершей органики в системе биоценоза занимается множество различных сапротрофов. Пионеры жизни на скалах – цианобактерии, бактерии, грибы и лишайники – ведут с горными породами настоящую разрушительную работу, воздействуя на них богатым арсеналом своеобразного оружия, включающего растворы как неорганических, так и органических кислот.

Деструктивная функция живого вещества – важный аспект его деятельности в биосфере. Биосфера не только «фабрика макромолекул», как назвал ее Н.В. Тимофеев-Ресовский [9], она гигантская мельница. «Мы не имеем на Земле более могучего дробителя материи, чем живое вещество» – писал В.И. Вернадский [2].

Четвертая основная функция живого вещества в биосфере – средообразующая. Средообразующая функция – это следствие объединенной деятельности названных выше энергетической, концентрационной, деструктивной функции совокупности живых организмов, которая непрерывно меняет среду обитания. В результате она становится все более благоприятной для жизнедеятельности организмов, населяющих данный биотоп.

Средообразующая функция растительности создала и поддерживает в равновесии баланс вещества и энергии в биосфере, обеспечивая стабильность условий существования организмов, в том числе человека. Вместе с тем растительность способна восстанавливать условия обитания, нарушенные в результате деградации, опустынивания, разрушения природных и сельскохозяйственных ландшафтов. Эту способность растительности к восстановлению экологических условий выражает принцип Ле Шателье. Он заключается в том, что изменение любых переменных в системе биосферы в ответ на внешнее возмущение происходит в направлении компенсации производимых возмущений, восстановления зонально-типичных биогеоценотических структур.

За время своего существования живые организмы коренным образом изменили лик Земли, перестроили ее энергетику, химизм, структуру как литосферы, так и воздушной оболочки планеты [9,10].

Перечисленные выше функции живых организмов являются прямым следствием таких физиологических процессов, как питание, дыхание, испарение воды, размножение, рост, формирование биомассы, а также отмирание и разрушение живых тел. Во всех этих процессах химические элементы и энергия выхватываются организмами из внешней среды и преобразуются в их телах в разнообразные органические материалы или, наоборот, выносятся во внешнюю среду в первозданном или биологически преобразованном виде.

Таким образом, растительность в биосфере в процессе жизнедеятельности осуществляет непрерывное воздействие на состояние и перемещение материально-энергетических ресурсов и глубоко преобразует важные геохимические, физико-химические, биохимические и гидрологические параметры среды, в которой она функционирует.

Консорции являются фокусами совместных биохимических процессов во всех частях биогеоценоза. Именно консорции обладают элементарными средообразующими свойствами и элементарным мелиоративным эффектом [3,4].

Степень проявления средообразующей функции растений и их консортов во многом зависит от экологической специализации растений – у галофитных растений средообразующие функции наиболее полно и эффективно проявляются на засоленных почвах, у ксерофитных растений – на сухих полупустынных землях, у псаммофитных растений на песках, у мезофитов – на среднеувлаж-

ненных почвах в гумидной зоне, у гидрофитных – на переувлажненных почвах [3,4].

Сущность средообразующей функции растительности состоит в изменениях геофизического и геохимического режимов биогеоценозов, агросферы и биосферы в целом и вызываемых этими изменениями перестройках всех остальных компонентов биогеоценоза [1]. Средообразующая функция растительности неразрывно связана с другой, фундаментальной функцией растительности – продукционной. По существу средообразующая функция является производной, непосредственным следствием, вытекающим из продукционной функции растительности. Многие средообразования, вызванные жизнедеятельностью, возникают в ходе выполнения продукционной функции: поглощение и выделение различных веществ растительностью в процессе ассимиляции и диссимиляции. Рост органов растений в процессе онтогенеза изменяет их макроморфологическую архитектуру, что в свою очередь обуславливает изменения геофизической конструкции фитоценоза.

Согласно Ю.П. Бялловичу [1], средообразующая функция растительности эволюционно выработана в геологически длительном процессе развития биосферы. Отсюда важная значимость понятия средообразующей функции (роли) для теории фитомелиорации. Следует подчеркнуть, что средообразующая функция растительности, в силу своей естественно-исторической и эволюционной обусловленности и генетической детерминированности, входит в число необходимых внутренних связей фитоценоза, следовательно, и биогеоценоза. Нарушение средообразующей функции приводит к дезорганизации формирующегося и развивающегося фитоценоза (биогеоценоза). Средообразующая функция растительности участвует в самоорганизации фитоценоза и прогрессирует в ходе развития и совершенствования структурно-функциональной организации фитоценоза. Понимание и толкование средообразующей функции растительности в таком аспекте возможно на биогеоценозическом уровне, что открывает широкие возможности фитомелиорации использовать выявленные закономерности в процессе средообразовательной функции растительности для оптимизации агрофитоценозов и агроэкосистем по аналогии с биосферой.

В свете изложенных представлений о средообразующей функции биоты, где основным ядром является растительность (фитоценоз), фитомелиорацию следует рассматривать как важное, не имеющее альтернативы, биологическое средство управления восстановительным процессом на деградированных землях и продуктивностью биоценозов.

Все искусственное, что вносится в развитие и использование средообразующей и средовосстанавливающей функции на уровне формирования биоценоза, должно основываться на знаниях закономерностей естественной средообразующей и средовосстанавливающей функции биогеоценоза (агробιοгеоценоза). Естественные флористически, фаунистически, ценозически полночленные фитоценозы являются непревзойденными по устойчивости, самоподдерживающимся и саморегулируемым свойствам фитомелиорантами. Из этого вытекает важнейший для практики фитомелиорации принцип – принцип биогеоценозических аналогов фитомелиорантов, имеющих фундаментальное значение для

фитомелиорации. Иначе говоря, конструкция фитомелиорантов (агроэкосистем) должна создаваться как аналог (натурные модели) зональных типичных естественных фитомелиорантов – лучших природных образцов (оригиналов).

Список использованных источников

1. Бяллович Ю.П. О некоторых биогеоценотических основах общей теории фитомелиорации // Теоретические проблемы фитоценологии и биогеоценологии (К 90-летию со дня рождения В.Н. Сукачева). – М.: Изд-во «Жизнь», 1970. – С. 5–16.
2. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. – М.: Наука, 1965. – с.
3. Шамсутдинов З.Ш. Мировой опыт биологических мелиораций и перспективы их использования в устойчивом развитии пастбищного хозяйства Западного Прикаспия // В сб.: Биота и природная среда Калмыкии. – М.–Элиста, 1995. – С. 106–157.
4. Шамсутдинов З.Ш. Биологическая мелиорация деградированных сельскохозяйственных земель. – М., 1996. – 172 с.
5. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. – М.: Изд-во «Эдель-М», 2001. – 399 с.
6. Шамсутдинов Н.З. Биоресурсный потенциал галофитов и проблемы фитомелиорации деградированных аридных земель – М., 2016. – 348 с.
7. Шамсутдинов Н.З. Генетические ресурсы галофитов и биологические основы введения их в культуру в аридных районах России: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – Санкт-Петербург, 2006. – 44 с.
8. Залетаев В.С. Жизнь в пустыне. Географо-биогеоценотические и экологические проблемы. – М.: Мысль, 1976. – 271 с.
9. Тимофеев-Ресовский Н.В. Популяции, биогеоценозы и биосфера Земли // Сб. Математическое моделирование в биологии. – М., 1975. – С. 19–29.
10. Сукачев В.Н., Дылис В.Н. Основы лесной биогеоценологии. – М.: Наука, 1964. – 566 с.

References

1. Balovich Y. P. some biogeocenosis foundations of the General theory of Fi-of ameliorarii // Theoretical problems of phytocenology and biogeocenology (To the 90th anniversary of V. N. Sukachev's birth). Moscow: Zhizn Publishing House, 1970, Pp. 5-16.
2. Vernadsky V. I. Chemical structure of The earth's biosphere and its environment. - Moscow: Nauka, 1965.
3. Shamsutdinov Z. sh. World experience of biological reclamation and prospects for their use in the sustainable development of pasture farming in the Western Caspian region // In: Biota and natural environment of Kalmykia, Moscow-Elista, 1995, Pp. 106-157.
4. Shamsutdinov Z. sh. Biological reclamation of degraded agricultural land. - M., 1996. - 172 p.
5. Shamsutdinov Z. sh., Savchenko I. V., Shamsutdinov N. Z. Halophytes of Russia, their ecological assessment and use. - Moscow: Edel-M Publishing house, 2001. - 399 p.
6. Shamsutdinov N. Z. Bioresource potential of halophytes and problems of phytomelioration of degraded arid lands-Moscow, 2016, 348 p.
7. Shamsutdinov N. Z. Genetic resources of halophytes and biological bases of their introduction into culture in arid regions of Russia: Abstract of dissertation for the degree of the doctor of biology. - St. Petersburg, 2006. - 44 p.
8. Zaletaev V. S. Life in the desert. Geografo-biogeocenotic and ecological problems. - Moscow: Mysl, 1976. - 271 p.
9. Timofeev-Resovsky N. V. Populations, biogeocenoses and the earth's biosphere // Mathematical modeling in biology, Moscow, 1975, Pp. 19-29.
10. Sukachev V. N., Dylis V. N. Fundamentals of forest biogeocenology, Moscow: Nauka, 1964, 566 p.

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ВЫБЫВШИХ ИЗ ОБОРОТА МАЛОПРОДУКТИВНЫХ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ

Шевченко В.А., Соловьев А.М., Бондарева Г.И., Попова Н.П.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Аннотация. Изучены закономерности трансформации показателей кислотного и гумусового состояния пахотного слоя мелиорированных земель в зависимости от разных систем удобрений и предшественников при возделывании программированных урожаев ярового ячменя. Установлено, что минеральная система удобрений ($N_{85}P_{40}K_{90}$) повышает кислотность деградированных земель в среднем по всем предшественникам на 0,2...0,3 ед. рН, в то время как применение органических удобрений в виде твердой фракции навоза (40, 60, 80 т/га) или жидких животноводческих стоков (100, 120 т/га) снижают ее на 0,42...0,48 ед. рН при $НРС_{05} = 0,41...0,45$ ед. рН.

Минеральная система удобрений хотя и обеспечивает существенное замедление процесса минерализации гумуса на вводимых в оборот мелиорированных землях, но полностью не компенсирует его потери без внесения органических удобрений. Стабилизация содержания гумуса наступает при ежегодном внесении в качестве основного удобрения 8...9 т/га твердой фракции навоза, а расширенное воспроизводство – при 10...12 т/га навоза или 100...120 т/га жидких стоков животноводческих комплексов. Такая норма обеспечивает положительный баланс органического вещества: +2,1...3,6 т/га при внесении навоза и +2,4...2,7 т/га при заделке жидких стоков. Лучшим предшественником для ячменя на вводимых в оборот землях Северо-западного региона Российской Федерации являются рапы яровой, который не только обеспечивает максимальную урожайность зерна стандартной влажности (в среднем 33,5 ц/га), но и является эффективным природным мелиорантом, так как благодаря мощно-развитой стержневой корневой системе положительно влияет на агротехнические и биологические свойства почвы.

Ключевые слова: малопродуктивные мелиорированные земли, геофизические показатели почвы, система удобрений, предшественники, кислотность, гумус, жидкий сток животноводческих комплексов

ESTIMATION OF SOIL FERTILITY INDICATORS IN THE DEVELOPMENT OF RETIRED UNPRODUCTIVE RECLAIMED LANDS IN THE NORTH-WEST REGION OF RUSSIA

Shevchenko V.A., Soloviev A.M., Bondareva G.N., Popova N.P.

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

Abstract. The laws of transformation of the indicators of the acid and humus state of the reclaimed land's arable layer are depending on different systems of fertilizers and precursors during the cultivation of programmed spring barley crops are studied. It was established that the mineral fertilizer system ($N_{85}P_{40}K_{90}$) increases the acidity of degraded lands on average for all precursors by 0.2 ... 0.3 units. pH, while the use of organic fertilizers in the form of a solid fraction of manure

(40, 60, 80 t / ha) or liquid livestock waste (100, 120 t / ha) reduce it by 0.42 ... 0.48 units. pH at HPC₀₅ = 0.41 ... 0.45 units pH.

The mineral fertilizer system, although it provides a significant slowdown in the humus mineralization process on reclaimed lands, is not fully compensated for its loss without the introduction of organic fertilizers. The stabilization of the humus content occurs with the annual application of 8 ... 9 t / ha of solid manure as the main fertilizer, and expanded reproduction with 10 ... 12 t / ha of manure or 100 ... 120 t / ha of liquid effluent from livestock complexes. This norm provides a positive balance of organic matter: + 2.1 ... 3.6 t / ha when applying manure and + 2.4 ... 2.7 t / ha when filling liquid wastewater.

Spring rape is the best precursor for barley on the lands put into circulation in the North-West region of the Russian Federation, which not only provides maximum grain yield of standard moisture (average 33.5 c / ha), but is also an effective natural reclamant, since -developed core root system has a positive effect on the agricultural and biological properties of the soil.

Keywords: unproductive reclaimed lands, agrophysical indicators of soil, fertilizer system, precursors, acidity, humus, liquid runoff of livestock complexes

Важнейшими показателями почвенного плодородия являются кислотность почвы, а также содержание в пахотном слое гумуса, макро- и микроэлементов.

Кислотность является одним из основных ограничительных показателей почвенного плодородия, оказывающих непосредственное влияние как на растение, так и на все физико-химические и биологические процессы в почве, определяющих в конечном итоге уровень урожайности сельскохозяйственных культур. Уровень кислотности влияет также на минеральное питание растений и биологическую активность почвы, поэтому требует всестороннего изучения при разработке стратегии возвращения в сельскохозяйственный оборот деградированных и малопродуктивных мелиорированных земель. Высокая кислотность почвы в подавляющем большинстве случаев выступает как главный фактор, ограничивающий урожай [1,2].

Кислые почвы обладают рядом неблагоприятных свойств, которые следует учитывать отдельно для каждой почвенной зоны. В подавляющем большинстве случаев именно реакция почвенного раствора в совокупности с дефицитом элементов минерального питания или их недоступностью определяют продуктивность агроценоза [3,4].

Важнейшим фактором почвенного плодородия является содержание гумуса, который является основной составной частью органического вещества почвы, так как в нем заключено до 90% почвенного азота. Оптимальным содержанием гумуса в почве следует считать такую величину, которая обеспечивает урожайность сельскохозяйственных культур, соответствующую биоклиматическому потенциалу региона.

Наши исследования по изучению влияния системы удобрений и предшественников на динамику кислотности, содержание гумуса, макро- и микроэлементов легкосуглинистой почвы при введении в оборот мелиорированных земель Северо-Западного региона РФ проведены на примере ООО «Ручьевское-1» Ржевского района, Тверской области в период с 2012 по 2018 гг. На территории хозяйства расположен свиноводческий комплекс на 109 тыс. голов, а также репродуктор молодняка, поэтому в качестве органических удобрений использо-

вали жидкие животноводческие стоки и твердую фракцию навоза, выделенную из стоков с помощью винтового сепаратора [5].

Целью исследований явилось изучение закономерностей трансформации показателей кислотного и гумусового состояния пахотного слоя в зависимости от системы удобрений и севооборотов при освоении выбывших из оборота деградированных мелиорированных земель.

Для посева использовали сорт немецкой селекции Саншайн, рекомендованный к использованию по Нечерноземной зоне РФ.

Площадь учетной делянки – 140 м²; площадь посевной делянки – 280 м². Размещение вариантов – методом рендомизированных повторений, повторность 4-х кратная.

Расчетные дозы минеральных и органических удобрений использовали в качестве основного удобрения и вносили их перед посевом. Внесение твердой фракции навоза проводилось разбрасывателями органических удобрений. Жидкие стоки животноводческих комплексов равномерно распределяли по полю с помощью технологии гибких шланговых систем.

Усредненная влажность твердой фракции навоза за годы проведения исследований составляла 61%, в котором содержалось: N – 0,63%; P₂O₅ – 0,47% и K₂O – 0,80% при рН_{KCl} = 7,9 ед.

Влажность жидких стоков в среднем находилась на уровне 97%. При этом они содержали: N – 0,10%, P₂O₅ – 0,03% и K₂O – 0,13%; рН_{KCl} = 7,3 ед.

Исследования по динамике кислотности и содержанию органического вещества почвы проведены общепринятыми методами в соответствии с Федеральным законом «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» сотрудниками ФГБУ «Станция агрохимической службы Нелидовская» Тверской области.

Результаты исследований. Установлено, что различные системы удобрений при возделывании ярового ячменя на малопродуктивных мелиорированных землях оказывают неодинаковое влияние на динамику кислотности почвы. Так, на контрольном варианте без внесения удобрений, за период наблюдений она снизилась на 0,05 ед. при использовании в качестве предшественника яровых зерновых, и на 0,08 ед. при посеве ячменя после озимых зерновых. На этом же варианте выращивание ячменя после рапса обеспечило промежуточное уменьшение кислотности почвы на 0,06 ед. По нашему мнению положительная тенденция к снижению кислотности на контрольном варианте обеспечивается накоплением в качестве органической массы пожнивно-корневых остатков, которые при урожайности зерна ячменя 10,4...12,2 ц/га составляют 15,7...16,6 ц/га. После минерализации остатков отмечено их положительное влияние на реакцию почвенного раствора, что обеспечивает стабилизацию кислотного состояния агроландшафта (табл. 1).

Возделывание ячменя на минеральной системе удобрений под запланированную урожайность 40 ц/га зерна, напротив, обеспечивает по всем предшественникам увеличение кислотности почвы на 0,3...0,6 ед. Следовательно, высокие урожаи на фоне сбалансированной минеральной системы обеспечивают значительный вынос кальция и магния с урожаем.

При внесении твердой фракции навоза в дозе 40 т/га под основную обработку почвы кислотность почвы за период наблюдений снизилась на 0,42 ед. при $HCp_{05} = 0,29$ ед. рН. Дальнейшее увеличение дозы твердой фракции до 60 и 80 т/га обеспечивает равное уменьшение кислотности почвы на 0,48 ед. рН, что дает основание для внесения этого удобрения в интервале 40...60 т/га.

Также отмечено положительное влияние жидких стоков животноводческих комплексов на раскисление почвы, которые обеспечили одинаковое достоверное снижение кислотности при внесении 100 – 120 т/га, при заделке их в качестве основного удобрения, равное 0,40 ед. рН.

Результаты исследований по динамике содержания гумуса на посевах ячменя, при освоении выбывших из оборота мелиорированных земель, свидетельствуют о том, что на легких по гранулометрическому составу почвах гумусовое состояние пахотного слоя (0-20 см) неодинаково изменяется под воздействием изученных факторов (табл. 2). Так, на контрольном варианте без внесения удобрений за 8-ми летний период наблюдений произошло снижение содержания гумуса по всем предшественникам, оно составило в среднем по опыту 0,04...0,05% при $HCp_{05}=0,11\%$.

При возделывании ячменя по минеральной системе также отмечено уменьшение гумуса, равное 0,003...0,04%. На основании полученных данных можно отметить, что применение только минеральных удобрений хотя и замедляет процесс минерализации гумуса, но не компенсирует его потерь без внесения органических удобрений. По нашим расчетам минеральная система за счет пожнивно-корневых и солоmistых остатков восполняет по изученным предшественникам до 15,4...16,2% гумуса, однако некомпенсированные потери составляют 16,1...17,7% (дефицит 0,7...1,5%).

Применение в качестве основного удобрения твердой фракции навоза в сочетании с припосевным внесением фосфорных удобрений – 10 кг/га д.в., и азотных – 30 кг/га д.в. при подкормке в фазе полного кущения – начале выхода растений в трубку обеспечивает положительную динамику содержания гумуса в почве по изученным предшественникам. Так, при заделке 40 т/га навоза под ячмень, идущий после рапса, количество гумуса в пахотном слое увеличилось на 0,12%, после яровых и озимых зерновых – на 0,07%. Разница между исходным и конечным содержанием гумуса при внесении 60 т/га навоза при использовании в качестве предшественника рапса составила 0,14%, соответственно по яровым зерновым – 0,08%, по озимым – 0,09%.

При запашке 80 т/га навоза параметры увеличения содержания гумуса еще более возросли и составили в среднем за годы исследований: по рапсу – 0,19%; по яровым зерновым – 0,11%, по озимым зерновым – 0,12%. Таким образом, среди изученных предшественников лучшим для ячменя оказался рапс, он способствует интенсивному накоплению гумуса и, благодаря мощно развитой стержневой корневой системе, проникающей в почву на глубину 1,5...2 м, является эффективным природным фитомелиорантом, положительно влияющим на агротехнические и биологические свойства мелиорированных земель.

Таблица 1 - Динамика кислотности (pH_{KCl}) на посевах ячменя в зависимости от системы удобрений и предшественников при освоении выбывших из оборота мелиорированных земель

N п/п	Варианты опыта (фактор А)	Предшественники (фактор В)											
		Рапс				Яровые зерновые				Озимые зерновые			
		2012г.	2015г.	2018г.	в сред.	2012г.	2015г.	2018г.	в сред.	2012г.	2015г.	2018г.	в сред.
1	Контроль (без удобрений)	4,91	4,94	4,97	4,94	4,91	4,93	4,96	4,93	5,02	5,06	5,10	5,06
2	Минеральная система, $N_{55}P_{30}K_{90} + P_{10}$ - при посеве; N_{30} - при подкормке	4,83	4,80	4,78	4,80	4,78	4,76	4,75	4,76	4,83	4,80	4,77	4,80
3	Навоз (т.ф.), 40 т/га + P_{10} - при посеве; N_{30} - при подкормке	4,76	4,82	5,18	4,92	4,80	4,88	4,97	4,88	4,97	5,09	5,18	5,08
4	Навоз (т.ф.), 60 т/га + P_{10} - при посеве; N_{30} - при подкормке	4,72	4,84	5,20	4,92	4,73	4,83	4,94	4,83	4,74	4,97	5,09	4,93
5	Навоз (т.ф.), 80 т/га + P_{10} - при посеве; N_{30} - при подкормке	4,75	4,86	5,23	4,95	4,74	4,84	4,96	4,85	4,75	4,99	5,12	4,95
6	Жидкие стоки, 100 т/га + P_{10} - при посеве; N_{30} - при подкормке	4,77	4,89	5,15	4,94	4,76	4,86	4,91	4,84	4,79	5,00	5,07	4,99
7	Жидкие стоки, 120 т/га + P_{10} - при посеве; N_{30} - при подкормке	4,79	4,92	5,19	4,97	4,76	4,89	4,95	4,87	4,70	5,00	5,08	4,93
В среднем		4,79	4,87	5,10	4,92	4,78	4,86	4,92	4,85	4,83	4,99	5,06	4,96
НСР ₀₅	для фактора А	0,29	0,30	0,31	0,29								
	для фактора В	0,30	0,29	0,30	0,28								
	Для взаимодействия АВ	0,41	0,44	0,45	0,43								

Таблица 2 - Динамика содержания гумуса (%) на посевах ячменя в зависимости от системы удобрений и предшественников при освоении выбывших из оборота мелиорированных земель

№ п/п	Варианты опыта (фактор А)	Предшественники (фактор В)											
		рапс				яровые зерновые				озимые зерновые			
		2012 г.	2015 г.	2018 г.	в сред.	2012 г.	2015 г.	2018 г.	в сред.	2012 г.	2015 г.	2018 г.	в сред.
	Контроль (без удобрений)	1,78	1,70	1,68	1,72	1,76	1,73	1,66	1,72	1,81	1,77	1,70	1,76
	Минеральная система N ₅₅ P ₃₀ K ₉₀ +P ₁₀ – при посеве +N ₃₀ – при подкормке	1,79	1,76	1,71	1,75	1,75	1,72	1,70	1,72	1,80	1,76	1,72	1,76
	Навоз (т.ф.) 40 т/га+P ₁₀ – при посеве + N ₃₀ – при подкорм- ке	1,80	1,88	1,92	1,87	1,80	1,85	1,87	1,84	1,81	1,85	1,88	1,85
	Навоз (т.ф.) 60 т/га+P ₁₀ – при посеве + N ₃₀ – при подкорм- ке	1,80	1,90	1,94	1,88	1,76	1,80	1,84	1,80	1,80	1,84	1,89	1,84
	Навоз (т.ф.) 80 т/га+P ₁₀ – при посеве + N ₃₀ – при подкорм- ке	1,78	1,94	1,97	1,90	1,78	1,82	1,89	1,83	1,80	1,86	1,92	1,86
	Жидкие стоки 100 т/га+P ₁₀ – при посеве + N ₃₀ – при под- кормке	1,80	1,85	1,89	1,85	1,69	1,73	1,76	1,73	1,81	1,83	1,89	1,84
	Жидкие стоки 120 т/га+P ₁₀ – при посеве + N ₃₀ – при под- кормке	1,82	1,88	1,93	1,88	1,71	1,80	1,80	1,77	1,83	1,85	1,92	1,87
В среднем		1,80	1,84	1,86	1,83	1,75	1,78	1,79	1,77	1,81	1,82	1,85	1,83
НСР ₀₅	для фактора А	0,11	0,11	0,12	0,11								
	для фактора В	0,09	0,10	0,11	0,11								
	для взаимодействия АВ	0,14	0,15	0,17	0,16								

Таблица 3 - Баланс органического вещества на посевах ярового ячменя в зависимости от системы удобрений и предшественников при освоении выбывших из оборота мелиорированных земель (т/га)

№ п/п	Варианты опыта (фактор А)	Предшественники (фактор В)											
		рапс				яровые зерновые				озимые зерновые			
		2012 г.	2018 г.	баланс (+/-)	К _{ст} *	2012 г.	2018 г.	баланс (+/-)	К _{ст}	2012 г.	2018 г.	баланс (+/-)	К _{ст}
	Контроль (без удобрений)	53,4	50,4	-3,0	0,94	52,8	49,8	-3,0	0,94	54,3	51,0	-3,3	0,94
	Минеральная система N ₅₅ P ₃₀ K ₉₀ +P ₁₀ – при посеве +N ₃₀ – при подкормке	53,7	51,3	-2,4	0,96	52,5	51,0	-1,5	0,97	54,0	51,6	-2,4	0,96
	Навоз (т.ф.) 40 т/га+P ₁₀ – при посеве + N ₃₀ – при подкормке	54,0	57,6	+3,6	1,07	54,0	56,1	+2,1	1,04	54,3	56,4	+2,1	1,04
	Навоз (т.ф.) 60 т/га+P ₁₀ – при посеве + N ₃₀ – при подкормке	54,0	58,2	+4,2	1,08	52,8	55,2	+2,4	1,05	54,0	56,7	+2,7	1,05
	Навоз (т.ф.) 80 т/га+P ₁₀ – при посеве + N ₃₀ – при подкормке	53,4	59,1	+5,7	1,11	53,4	56,7	+3,3	1,06	54,0	57,6	+3,60	1,07
	Жидкие стоки 100 т/га+P ₁₀ – при посеве + N ₃₀ – при подкормке	54,0	56,7	+2,7	1,05	50,7	52,8	+2,1	1,04	54,3	56,7	+2,4	1,04
	Жидкие стоки 120 т/га+P ₁₀ – при посеве + N ₃₀ – при подкормке	54,6	57,9	+3,	1,06	51,3	54,0	+2,7	1,05	54,9	57,6	+2,7	1,05
В среднем		53,9	55,9	+2,0	1,04	52,5	53,7	+1,2	1,02	54,3	55,4	+1,1	1,02
НСР ₀₅	для фактора А	3,5	3,5	0,8	0,07								
	для фактора В	2,3	2,5	0,6	0,05								
	для взаимодействия АВ	4,0	4,2	1,0	0,08								

Примечание: К_{ст}* – коэффициент стабилизации органического веществ

Использование жидких стоков животноводческих комплексов при норме внесения 100 т/га также обеспечивает положительную динамику содержания гумуса в почве относительно исходного количества, которое составило в среднем по всем предшественникам 1,81% или +0,04% к первоначальному состоянию. При заделке 120 т/га средний уровень содержания гумуса достиг 1,84%, а превышение над первоначальным значением составило +0,07%.

Таким образом, использование жидких стоков животноводческих комплексов следует считать эффективным органическим удобрением, позволяющим за относительно короткий промежуток времени не только стабилизировать гумусное состояние малопродуктивных мелиорированных земель, но и увеличить в них его содержание.

На баланс органического вещества при освоении выбывших из оборота малопродуктивных мелиорированных земель более значительное влияние оказывает система удобрений, чем предшественники (табл. 3). При возделывании ячменя без применения удобрений баланс органического вещества был отрицательным и составил по разным предшественникам -3,0...-3,3 т/га, а коэффициент стабилизации ($K_{ст}$) равен 0,94, что указывает на превышение минерализации гумуса над его синтезом. Минеральная система удобрений хотя и полностью обеспечивала посевы ячменя элементами питания и способствовала выращиванию программируемых урожаев зерна (39,6...42,4 ц/га при заданной – 40 ц/га), однако при ее использовании баланс органического вещества также, как и на контроле, был отрицательным: -1,5...2,4 т/га, а $K_{ст}$ был меньше 1,0 и составил 0,96...0,97. Таким образом, внесение расчетных доз минеральных удобрений не обеспечивает бездефицитный баланс органического вещества в почве по всем предшественникам, поскольку количество оставшихся после их уборки пожнивно-корневых и солоmistых остатков для этого недостаточно.

Таким образом, минеральные удобрения хотя и оказывают влияние на рост урожайности ячменя, однако не обеспечивают воспроизводство органического вещества почвы, так как количество побочной органической продукции не позволяет после их минерализации довести отношение фактического содержания к исходному значению до единицы.

Нами установлено, что только систематическое применение навоза в качестве основного удобрения при возделывании ячменя положительно влияет на баланс органического вещества и обеспечивает его стабилизацию в пахотном слое мелиорированной почвы. Так, уже при внесении 40 т/га навоза отмечен положительный баланс органического вещества по всем изученным предшественникам, который находился в интервале +2,1...+3,6 т/га при $НСР_{05}$ для взаимодействия факторов АВ = 1,0 т, а коэффициент стабилизации составил 1,04...1,07 при $НСР_{05} = 0,08$, что позволяет утверждать о достоверном повышении процесса синтеза гумусовых соединений над их распадом. Увеличение нормы внесения навоза до 60 т/га приводит к дальнейшему увеличению положительного баланса органического вещества относительно исходного содержания (+2,4...+4,2 т/га); коэффициент стабилизации в данном случае возрос до 1,05...1,08. Навоз, в дозе 80 т/га оказал еще более заметное положительное влияние на баланс органического вещества: +3,3...+5,7 т/га, при $K_{ст}$ 1,06...1,11.

Использование жидких стоков животноводческих комплексов с нормой внесения 100 т/га позволяет не только восполнить запасы органического вещества, потраченные на минерализацию, но и сформировать его положительный баланс: +2,1...+2,7 т/га при $K_{ст}$ 1,04...1,05. Увеличение нормы до 120 т/га обеспечивает еще большую положительную стабилизацию баланса органического вещества: +2,7...+3,3 т/га и $K_{ст}$ 1,05...1,06.

Из изученных предшественников лучшим для возделывания ячменя является яровая рапс, поскольку на его фоне получена как максимальная в среднем по опыту урожайность зерна (33,5 ц/га против 31,6 ц/га после яровых зерновых и 31,9 ц/га после озимых зерновых при $НСР_{05} = 1,9$ ц), так и отмечен более интенсивный синтез гумуса и органического вещества.

Выводы

1. Минеральная система возделывания ярового ячменя на деградированных землях усугубляет кислотность почвенного раствора, повышая ее в среднем по всем предшественникам на 0,2...0,3 ед. рН.

2. Существенное значение в снижении кислотности имеет внесение органических удобрений в виде твердой фракции навоза, выделенной из жидких стоков животноводческих комплексов, в сочетании с использованием в качестве предшественника яровой рапс. В данном случае снижение кислотности малопродуктивных мелиорированных земель составило 0,42...0,48 ед. рН при $НСР_{0,5} = 0,41...0,45$ ед. рН.

3. Использование минеральных удобрений в качестве основного удобрения при возделывании ячменя на малопродуктивных мелиорированных землях Верхневолжья обеспечивает существенное замедление процесса минерализации гумуса, но не компенсирует его потери без внесения органических удобрений. Стабилизация содержания гумуса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы наступает при ежегодном внесении 8...9 т/га твердой фракции навоза, а расширенное воспроизводство – при 10...12 т/га навоза или 100...120 т/га жидких стоков животноводческих комплексов. Это обеспечивает положительный баланс органического вещества почвы: +2,1...+3,6 т/га при внесении навоза и +2,4...+2,7 т/га при применении жидких стоков.

4. При освоении выбывших из оборота малопродуктивных мелиорированных земель лучшим предшественником для возделывания ячменя является рапс яровой, который не только обеспечивает максимальную урожайность зерна (в среднем 33,5 ц/га), но и является эффективным природным мелиорантом, так как благодаря мощно-развитой стержневой корневой системе положительно влияет на агротехнические, агрохимические и биологические свойства почвы.

Список использованных источников

1. Новиков С.А., Шевченко В.А., Соловьев А.М. Биоклиматический потенциал мелиорированных земель Нечерноземной зоны России: монография. М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2018. 286 с.
2. Лошаков В.Г. Пожнивная сидерация и плодородие дерново-подзолистых почв / В.Г. Лошаков // Земледелие. – 2007. - №1. – с. 11-14.
3. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования / В.Г. Сычев. – М.: РАН, 2019. – с. 19-34.

4. Шевченко В.А. Перспективы производства растениеводческой продукции на мелиорированных землях Нечерноземной зоны России / В.А. Шевченко.- М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2017.- 920 с.
5. Новиков С.А. Эффективные приемы окультуривания залежных земель в Нечерноземной зоне / С.А. Новиков, В.А. Шевченко, А.М. Соловьев, И.П. Фирсов, И.Н. Гаспарян. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 44 с.

References

1. Novikov S. A., Shevchenko V. A., Soloviev a.m. Bioclimatic potential of reclaimed lands of the non-Chernozem zone of Russia: monograph. Moscow: Publishing house of the A. N. Kostyakov Vniigim, 2018. 286 p.
2. Loshakov V. G. Pozhnivnaya sideration and fertility of sod-podzolic soils / V. G. Loshakov// Agriculture. - 2007. - №1. - pp. 11-14.
3. Sychev V. G. the Current state of soil fertility and the main aspects of its regulation / V. G. Sychev. - Moscow: RAS, 2019. - p. 19-34.
4. Shevchenko V. A. Prospects of crop production on reclaimed lands of the non-Chernozem zone of Russia / V. A. Shevchenko. - Moscow: Publishing house of the A. N. Kostyakov Vniigim, 2017. - 920 p.
5. Novikov S. A. Effective methods of cultivating fallow lands in the non-Chernozem zone / S. A. Novikov, V. A. Shevchenko, A.M. Soloviev, I. P. Firsov, I. N. Gasparyan. - Moscow: FGBNU "Rosinformagrotech", 2014. - 44 p.

УДК 631.6; 631.81

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.10.58.053

ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ И ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОВЛЕКАЕМЫХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Шевченко В. А., Соловьев А. М., Попова Н.П.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

***Аннотация.** Интенсивность образования ценной в производственном отношении макроструктуры (0,25-10 мм) у малопродуктивных земель в сильной степени зависит от количества поступающего в почву органического вещества, пожнивно-корневых остатков и сидератов, при разложении которых образуется активный перегной, который при взаимодействии с кальцием пропитывает и цементирует почвенные комочки, переводя их в нерастворимую в воде форму. Максимальное разуплотнение пахотного и подпахотного слоев у вовлекаемых в сельскохозяйственный оборот малопродуктивных мелиорированных земель отмечено в вариантах, где в качестве основного удобрения вносили высокие дозы твердой фракции навоза (40...80 т/га) и жидких стоков свиноводческих комплексов в дозе 100...120 т/га на фоне известкования при использовании ярового рапса на семена в качестве предшественника при возделывании зерновых культур.*

***Ключевые слова:** малопродуктивные мелиорированные земли, агрофизические свойства почвы, система удобрений, предшественники*

INFLUENCES OF THE FERTILIZER SYSTEM AND PRECURSORS ON THE AGROPHYSICAL INDICATORS OF UNPRODUCTIVE RECLAIMED LANDS INVOLVED IN AGRICULTURAL CIRCULATION

Shevchenko V.A., Soloviev A.M., Popova N.P.

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation,
Moscow, Russia

***Abstract.** The production rate of a macrostructure that is valuable in production (0.25-10 mm) in unproductive lands strongly depends on the amount of organic matter entering the soil, crop-root residues and siderates, the decomposition of which forms active humus, which, when interacting with calcium, impregnates and cements soil lumps, transforming them into a water-insoluble form. The maximum deconsolidation of the arable and subsurface layers of the unproductive reclaimed lands involved in agricultural circulation was noted in case of high doses of solid fraction of manure (40 ... 80 t / ha) and liquid effluents of pig-breeding complexes in a dose of 100 ... 120 t / ha were introduced as the main fertilizer against the background of liming when using spring rape on seeds as a precursor for the cultivation of crops.*

***Keywords:** unproductive reclaimed lands, agrophysical indicators of soil, fertilizer system, precursors.*

Создание благоприятных почвенных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур при вовлечении в оборот деградированных мелиорированных земель можно достичь за счет оптимизации агрофизических параметров, к важнейшим из которых относятся структура почвенных агрегатов, плотность и твердость пахотного слоя, общая пористость почвы и др. [1]. К числу важнейших технологических мероприятий, положительно влияющих на параметры агрофизических показателей, следует отнести разноглубинные приемы обработки почвы, внесение извести и высоких доз органических удобрений, а также внедрение биологизированных севооборотов и использование в качестве предшественников эффективных природных фитомелиорантов [2,3].

При выборе способов освоения залежных земель следует предусмотреть не только систему культуртехнических мелиоративных мероприятий, направленных на расчистку и коренное улучшение качества почвы и повышение ее эффективного плодородия, но также обосновать и разработать комплекс почвозащитных мероприятий, включающий в себя противоэрозионную организацию территории, определение структуры посевных площадей с учетом их воздействия на стабилизацию агрофизических показателей пахотного слоя почвы [4,5].

Целью исследований явилось изучение влияния системы удобрений и предшественников на агрофизические показатели малопродуктивных мелиорированных земель Северо-Западного региона РФ при вовлечении их в сельскохозяйственный оборот.

Место, условия и методика проведения опытов. Исследования проводились в ООО «Ручьевское-1» Ржевского района, Тверской области в 2012...2018 гг. Почва опытных участков дерново-подзолистая, легкосуглинистая по гранулометрическому составу, мощность пахотного горизонта 16... 18 см, осушена открытым дренажом. Исходное содержание в почве (2012 г.): гумуса - 1,76...1,78 мг/кг - очень низкое; P₂O₅ - 106...109 мг/кг - повышенное; K₂O - 90...100 мг/кг - среднее; рН_{KCl} - 4,88...5,00 ед.

Метеорологические условия в годы проведения экспериментальной работы существенно различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков и их распределению по декадам и месяцам, однако не являлись лимитирующей причиной для выращивания программируемой урожайности зерна ячменя стандартной влажности 40 ц/га. Для посева использовали сорт немецкой селекции Саншайн, рекомендованный к использованию по Нечерноземной зоне Российской Федерации.

Размещение вариантов опыта (табл. 1) - методом рендомизированных повторений; повторность - 4-х кратная.

Органические и расчетные дозы минеральных удобрений использовали в качестве основного удобрения перед посевом. Жидкие стоки животноводческих комплексов вносили с помощью технологии шланговых систем, которая позволяет не только равномерно распределять стоки по поверхности поля, но и одновременно заделывать их в почву, что исключает потери газообразных форм азота.

Все исследования по оценке агрофизических показателей вводимых в оборот земель сельскохозяйственного назначения проведены в соответствии с современными стандартами, применяемыми в научно-исследовательских учреждениях сельскохозяйственного профиля.

Результаты исследований. Нами проведена группировка вводимых в оборот земель по гранулометрическому составу, мощности пахотного слоя, содержанию гумуса и кислотности почвенного раствора (табл. 2). Гранулометрический состав почвы, являясь ее скелетом, влияет не только на величину тягового сопротивления при обработке, но и, прежде всего, определяет сорбционные свойства, что в конечном итоге влияет на водный, воздушный, пищевой и тепловой режим пахотного и подпахотного слоев.

Как стабильный показатель плодородия пахотных земель, гранулометрический состав оказывает непосредственное влияние на продукционный процесс любого агроценоза на разных типах почв. Для большинства почв нашей страны наиболее благоприятное сочетание агрофизических, агрохимических и биологических показателей плодородия наблюдается в почвах среднего гранулометрического состава. Однако самые плодородные земли степной зоны – черноземы, обеспечивают наиболее высокие урожаи на почвах с тяжелым гранулометрическим составом. Напротив, дерново-подзолистые почвы, сформировавшиеся в зоне с достаточным и избыточным увлажнением, обеспечивают максимальную продуктивность агроценозов на почвах легкого гранулометрического состава.

Таблица 1 - Динамика агрофизических показателей на посевах ячменя в зависимости от систем удобрений и предшественников при освоении выбывших их оборота мелиорированных земель в слое 0 – 20 см (числитель) и 20 – 40 см (знаменатель)

№ п/п	Варианты опыта (фактор А)	Годы	Предшественники (фактор В)											
			рапс яровой на семена				яровые зерновые				озимые зерновые			
			Плотность почвы, г/см ³	Твердость почвы, кг/см ²	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %	Плотность почвы, г/см ³	Твердость почвы, кг/см ²	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %	Плотность почвы, г/см ³	Твердость почвы, кг/см ²	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %
1	Контроль (без удобрений)	201	1,3	13,0	43,3	20,4	1,3	13,1	43,3	20,0	1,3	13,0	43,3	20,1
		2	1,4	39,1	39,4	14,1	1,4	39,2	39,4	13,7	1,4	39,1	39,4	14,1
		201	1,28	12,8	44,9	23,2	1,29	12,9	44,0	21,8	1,29	12,9	44,2	22,0
		9	1,37	39,0	40,6	15,6	1,39	39,1	39,8	14,6	1,39	39,0	40,1	15,4
2	Минеральная система N ₅₅ P ₃₀ K ₉₀ + P ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	201	1,29	13,0	43,8	20,6	1,29	13,0	43,8	20,2	1,29	13,0	43,8	20,8
		2	1,41	39,1	40,6	14,6	1,41	39,1	40,6	14,1	1,41	39,1	40,6	14,5
		201	1,28	12,9	45,6	23,5	1,28	12,9	44,4	22,0	1,28	12,9	44,7	22,8
		9	1,38	38,8	42,0	16,2	1,40	39,0	41,0	15,0	1,40	39,0	41,5	15,9
3	Навоз (т.ф.) 40 т/га + P ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	201	1,31	13,0	43,4	20,4	1,31	13,0	43,4	20,1	1,31	13,0	43,4	20,6
		2	1,42	39,1	39,9	14,3	1,42	39,1	39,9	13,8	1,42	39,1	39,9	14,3
		201	1,27	12,6	46,4	23,9	1,28	12,8	45,1	22,4	1,27	12,7	45,6	23,1
		9	1,37	38,7	42,9	16,5	1,38	38,9	41,3	15,1	1,38	38,8	42,1	16,2
4	Навоз (т.ф.) 60 т/га + P ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	201	1,28	12,9	44,1	20,8	1,28	12,9	44,1	20,4	1,28	12,9	44,1	20,2
		2	1,40	39,0	40,8	14,6	1,40	39,0	40,8	14,2	1,40	39,0	40,8	14,6
		201	1,23	12,4	47,6	24,6	1,25	12,7	46,2	22,9	1,26	12,6	46,4	23,1
		9	1,34	38,5	43,6	16,8	1,36	38,9	42,8	15,7	1,37	38,8	42,9	16,5

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Варианты опыта (фактор А)	Годы	Предшественники (фактор В)											
			рапс яровой на семена				яровые зерновые				озимые зерновые			
			Плотность почвы, г/см ³	Твердость почвы, кг/см ²	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %	Плотность почвы, г/см ³	Твердость почвы, кг/см ²	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %	Плотность почвы, г/см ³	Твердость почвы, кг/см ²	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %
5	Навоз (т.ф.) 80 т/га + Р ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	2012	1,31	12,9	43,9	20,7	1,31	12,9	43,9	20,3	1,31	12,9	43,9	20,1
		2019	1,40	39,1	39,7	14,3	1,40	39,1	39,7	13,8	1,40	39,1	39,7	14,2
6	Жидкие стоки 100 т/га + Р ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	2012	1,25	12,1	47,8	24,7	1,25	12,6	46,9	23,3	1,25	12,5	47,0	23,4
		2019	1,33	38,2	43,6	16,8	1,36	38,8	43,1	15,8	1,36	38,7	43,2	16,6
7	Жидкие стоки 120 т/га+Р ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	2012	1,28	12,9	44,0	20,7	1,28	12,9	44,0	20,3	1,28	12,9	44,0	20,6
		2019	1,40	38,9	39,9	14,4	1,40	39,0	39,9	13,8	1,40	39,0	39,9	14,3
7	Жидкие стоки 120 т/га+Р ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	2012	1,24	12,5	47,1	24,3	1,25	12,7	45,1	22,4	1,26	12,7	46,1	23,0
		2019	1,35	38,6	43,0	16,6	1,37	38,9	41,9	15,3	1,38	38,8	42,3	16,2
7	Жидкие стоки 120 т/га+Р ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	2012	1,30	12,9	44,1	20,8	1,30	12,9	44,1	20,4	1,30	12,9	44,1	20,4
		2019	1,40	39,0	40,9	14,7	1,40	39,0	40,9	14,2	1,40	39,0	40,9	14,6
НСР ₀₅	по фактору А	2012	1,25	12,3	47,4	24,5	1,25	12,6	46,4	23,0	1,26	12,5	46,6	23,2
		2019	1,34	38,4	44,2	17,1	1,36	38,8	43,2	15,8	1,37	38,7	43,4	16,7
НСР ₀₅	по фактору А		0,08	0,8	2,8	1,4								
			0,09	2,3	2,6	1,1								
	по фактору В		0,07	0,7	2,7	1,3								
			0,08	2,1	2,4	1,0								
	для взаимодействия АВ		0,10	1,1	3,4	1,7								
		0,12	2,8	3,1	1,3									

На основании полевых и лабораторных исследований вовлекаемых в оборот мелиорированных земель Ржевского района Тверской области установлено, что это в основном (93,8%) легкосуглинистые почвы, имеют низкое содержание гумуса (1,8...1,9%), слабокислую реакцию почвенного раствора (рН 5,1 ед.) и мощность пахотного слоя 15...16 см.

Незначительные площади (4,9%) занимают супесчаные почвы, показатели плодородия которых уступают легкосуглинистым. Среднесуглинистые по гранулометрическому составу почвы хотя и отличаются более высоким плодородием, по сравнению с легкосуглинистыми, однако их доля в земельном фонде района крайне незначительна – всего 1,3%.

Таблица 2 - Группировка мелиорированных земель Ржевского района Тверской области по гранулометрическому составу, мощности пахотного слоя, содержанию гумуса и кислотности, 2012 г.

№ п/п	Гранулометрический состав почв	Площадь, га	%	Мощность пахотного слоя, см	Содержание гумуса, %	рН _{ксл}
1	Супесчаные	257	4,9	13...14	1,8	4,8
2	Легкосуглинистые	4970	93,8	15...16	1,9	5,1
3	Среднесуглинистые	70	1,3	17...19	2,1	5,2
Итого		5297	100	15...16	1,9	5,0

Среди агрофизических показателей плодородия кроме гранулометрического состава важнейшее значение имеют плотность и твердость почвы, а также общая пористость и пористость аэрации. Все эти показатели взаимосвязаны и взаимообусловлены, поскольку, находясь в тесной связи друг с другом, они определяют динамическое состояние всех физических, химических и биологических процессов в почве. Так, например, от плотности пахотного и подпахотного слоев зависят все режимы и процессы, протекающие в почве: твердость, диффузия газов, воздухоемкость, водопроницаемость, влагоемкость, теплоемкость, микробиологические и окислительно-восстановительные реакции, а также технологические свойства и запас продуктивной влаги.

В этой связи важнейшей теоретической и практической задачей мелиоративного земледелия является разработка технологических приемов, обеспечивающих придание обрабатываемому слою почвы состояние с максимально возможными в данных условиях показателями плодородия почвы.

В наших исследованиях представлены экспериментальные данные по динамике важнейших агрофизических показателей, которые получены на фоне различных систем удобрений и предшественников при освоении выбывших из оборота деградированных мелиорированных земель в пахотном и подпахотном слоях почвы (табл. 1).

Установлено, что процесс разуплотнения почвенных слоев мелиорированных земель происходит как на фоне систем удобрений, так и предшественников, но с разной интенсивностью. Минимальное снижение плотности в пахот-

ном и подпахотном слоях на посевах ячменя отмечено на контрольном варианте без внесения удобрений, а также на фоне минеральной системы ($-0,01 \text{ г/м}^3$), где в качестве предшественников использовали яровые и озимые зерновые культуры. На этих же вариантах, при посеве ячменя по яровому рапсу на семена, разуплотнение пахотного и подпахотного слоев хотя и происходило более заметно (в интервале от $-0,01$ до $-0,03 \text{ г/см}^3$), однако оно было несущественным, поскольку НСР_{05} как для отдельного фактора, так и для взаимодействия была в три раза больше, чем отклонение показателя плотности почвы от исходного значения.

Применение в качестве основного удобрения высоких доз твердой фракции навоза и жидких стоков животноводческих комплексов обеспечили снижение плотности обоих слоев почвы по яровому рапсу на $0,04 \dots 0,07 \text{ г/см}^3$, а по яровым и озимым хлебам на $0,02 \dots 0,06 \text{ г/см}^3$, однако разуплотнение почвы, как и в предыдущем случае, находилось в пределах ошибки опыта (табл. 3).

Снижение показателя твердости почвы протекало аналогично ее разуплотнению: максимальное уменьшение ($-0,3 \dots -0,9 \text{ кг/см}^2$) отмечено на вариантах с высокими дозами органических удобрений по яровому рапсу, в то время на тех же вариантах, но по фону яровых зерновых культур твердость снизилась на $0,1 \dots 0,3 \text{ кг/см}^2$, а по фону озимых зерновых – на $0,2 \dots 0,4 \text{ кг/см}^2$.

Исходя из анализа полученных данных, можно отметить, что определенное влияние на твердость почвы оказывает также мощность развития и тип корневой системы предшественника. В данном случае прослеживается положительная тенденция снижения твердости почвы с помощью стержневой корневой системы ярового рапса, проникающей до 1 м вглубь и обладающей расклинивающим эффектом почвенных агрегатов за счет интенсивного нарастания зоны всасывания и образования многочисленных корневых волосков.

Общая пористость при освоении деградированных мелиорированных земель зависела как от системы удобрений, так и от предшественников. Более рыхлое сложение корнеобитаемого слоя на посевах ячменя отмечено при внесении в качестве основного удобрения высоких доз твердой фракции навоза ($40 \dots 80 \text{ т/га}$) и жидких стоков животноводческих комплексов ($100 \dots 120 \text{ т/га}$) по фону ярового рапса на семена ($+2,8 \dots +3,9\%$), что является статистически достоверным превышением относительно первоначального значения. На этих же вариантах по фону яровых зерновых культур общая пористость увеличилась на $1,1 \dots 3,4\%$, а при использовании в качестве предшественника озимых зерновых хлебов – на $2,1 \dots 3,5\%$, что во многих случаях является достоверной прибавкой к исходному значению.

Равное положительное влияние отмечено нами и по динамике изучаемых факторов на пористость аэрации, которая в целом увеличивалась на $1,5 \dots 4,0\%$, по фону ярового рапса; на $0,9 \dots 3,0\%$ - по яровым зерновым и на $1,3 \dots 3,3\%$ по озимым зерновым.

Таблица 3 - Отклонение значений агрофизических показателей на посевах ячменя в зависимости от систем удобрений и предшественников при освоении выбывших их оборота мелиорированных земель (+ 2019г. к 2012 г.)

№ п/п	Варианты опыта (фактор А)	Слой почвы, см	Предшественники (фактор В)											
			рапс яровой на семена				яровые зерновые				озимые зерновые			
			Плотность почвы, г/см ³	Твердость почвы, кг/см ²	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %	Плотность почвы, г/см ³	Твердость почвы, кг/см ²	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %	Плотность почвы, г/см ³	Твердость почвы, кг/см ²	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %
1	Контроль (без удобрений)	0-20	-0,02	-0,2	+1,6	+2,8	-0,01	-0,1	+0,7	+1,8	-0,01	-0,1	+0,9	+1,9
		20-40	-0,03	-0,1	+1,2	+1,5	-0,01	-0,2	+0,4	+0,9	-0,01	-0,1	+0,7	+1,3
2	Минеральная система N ₅₅ P ₃₀ K ₉₀ + P ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	0-20	-0,01	-0,1	+1,8	+2,9	-0,01	-0,1	+0,6	+1,8	-0,01	-0,1	+0,9	+2,0
		20-40	-0,03	-0,3	+1,4	+1,6	-0,01	-0,1	+0,4	+0,9	-0,01	-0,1	+0,9	+1,4
3	Навоз (т.ф.) 40 т/га + P ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	0-20	-0,04	-0,4	+3,0	+3,5	-0,03	-0,2	+1,7	+2,3	-0,04	-0,3	+2,2	+2,5
		20-40	-0,05	-0,4	+3,0	+2,2	-0,04	-0,2	+1,4	+1,3	-0,04	-0,3	+2,2	+1,9
4	Навоз (т.ф.) 60 т/га + P ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	0-20	-0,05	-0,5	+3,5	+3,8	-0,03	-0,2	+2,1	+2,5	-0,02	-0,3	+2,3	+2,9
		20-40	-0,06	-0,5	+2,8	+2,2	-0,04	-0,1	+2,0	+1,5	-0,03	-0,2	+2,1	+1,9
5	Навоз (т.ф.) 80 т/га + P ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	0-20	-0,06	-0,8	+3,9	+4,0	-0,06	-0,3	+3,0	+3,0	-0,06	-0,4	+3,1	+3,3
		20-40	-0,07	-0,9	+3,9	+2,5	-0,04	-0,3	+3,4	+2,0	-0,04	-0,4	+3,5	+2,4
6	Жидкие стоки 100 т/га + P ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	0-20	-0,04	-0,4	+3,1	+3,6	-0,03	-0,2	+1,1	+2,1	-0,02	-0,2	+2,1	+2,4
		20-40	-0,05	-0,3	+3,1	+2,2	-0,03	-0,1	+2,0	+1,5	-0,02	-0,2	+2,4	+1,9
7	Жидкие стоки 120 т/га+P ₁₀ – при посеве; N ₃₀ – при подкормке	0-20	-0,05	-0,6	+3,3	+3,7	-0,05	-0,3	+2,3	+2,6	-0,04	-0,4	+2,5	+2,8
		20-40	-0,06	-0,6	+3,3	+2,4	-0,04	-0,2	+2,3	+1,6	-0,03	-0,3	+2,5	+2,1

На основании представленных данных можно заключить, что в целом вовлекаемые в сельскохозяйственный оборот деградированные мелиорированные земли обладают высокими агрофизическими показателями почвенного плодородия, поскольку уже в самом начале их освоения рост и развитие ярового ячменя проходил при близких к оптимальным значениям параметрам плотности почвы ($1,23 \dots 1,31 \text{ г/см}^3$) и общей пористости ($43,3 \dots 47,8\%$). Для дальнейшего стабильного улучшения агрофизических показателей при вовлечении в сельскохозяйственный оборот таких земель следует, наряду с внесением высоких доз органических удобрений, высевать в качестве предшественников при зернофуражной специализации хозяйств культуры с глубоко проникающей, мощно развитой корневой системой: кукурузу, рапс, люцерну, люпин, донник и др., которые способны разуплотнить пахотный и подпахотный слои и снижать кислотность почвы. Корневая система таких предшественников быстро развивается и разветвляется, механически расчленяет почву на отдельные комочки и плотно окружает каждый из них густой сетью корешков. После отмирания и разложения образуется свежий гумус, который пропитывает и при взаимодействии с кальцием склеивает комочки, переводя их в нерастворимую в воде форму.

Выводы

1. На основании полевых и лабораторных исследований вводимых в оборот мелиорированных земель Ржевского района, Тверской области установлено, что более 90% сельскохозяйственных угодий по гранулометрическому составу относятся к легкосуглинистым почвам, имеют низкое содержание гумуса ($1,8 \dots 1,9\%$), слабокислую реакцию почвенного раствора (рН 5,1 ед.) и незначительную мощность пахотного слоя $15 \dots 16 \text{ см}$.

2. Максимально разуплотнение пахотного и подпахотного слоев у вовлекаемых в сельскохозяйственный оборот малопродуктивных мелиорированных земель отмечено в вариантах, где в качестве основного удобрения вносили высокие дозы твердой фракции навоза ($40 \dots 80 \text{ т/га}$) и жидких стоков свиноводческих комплексов ($100 \dots 120 \text{ т/га}$) на фоне известкования и при использовании ярового рапса на семена в качестве предшественника при возделывании ячменя на зернофураж. Однако за 8-ми летний период наблюдений разрыхление корнеобитаемого слоя было недостоверным, так как находилось в пределах статистической погрешности.

Список использованных источников

1. Матюк, Н. С. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: учебное пособие / Н. С. Матюк, В. Д. Полин. – М.: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2013. С. 5–30.
2. Новиков, С. А. Эффективные приемы окультуривания залежных земель в Нечерноземной зоне: научно-практические рекомендации на примере ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» / С. А. Новиков, В. А. Шевченко, А. М. Соловьев, И. П. Фирсов, И. Н. Гаспарян. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 44 с.

3. Шевченко, В. А. Управление показателями почвенного плодородия мелиорированных земель Нечерноземной зоны разноглубинными приемами обработки почвы и севооборота, в том числе биологизированными: методические указания/ В. А. Шевченко, А. М. Соловьев, Н. П. Попова. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова», 2019. – 88 с.
4. Шевченко, В. А. Перспективы производства растениеводческой продукции на мелиорированных землях Нечерноземной зоны: монография/ В. А. Шевченко. – М.: «ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова», 2017. С. 7–26.
5. Рассадин, А. Я. Научные основы защиты почв от водной эрозии и дефляции: учебное пособие / А. Я. Рассадин, Г. И. Баздырев, Н. С. Матюк, Н. Ф. Хохлов и др. – М.: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2012. – 232 с.

References

1. Matyuk, N. S. Resource-Saving technologies of soil treatment in adaptive land management: a textbook/ N. S. Matyuk, V. D. Polin. - M.: Russian state agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, 2013. Pp. 5-30.
2. Novikov, S. A. Effective methods of cultivating fallow lands in the non-Chernozem zone: scientific and practical recommendations on the example of JSC "Agrofirma Dmitrov Mountain"/ S. A. Novikov, V. A. Shevchenko, A.V. Soloviev, I. P. Firsov, I. N. Gasparyan. - M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2014. - 44 p.
3. Shevchenko, V. A. Management of indicators of soil fertility of reclaimed lands of non-Chernozem zone by different-depth methods of soil treatment and crop rotation, including biologized ones: methodical instructions / V. A. Shevchenko, A.M. Solovyov, N. P. Popova. - M.: fgbnu "vniigim named after A. N. Kostyakov", 2019. - 88 p.
4. Shevchenko, V. A. prospects of crop production on the reclaimed lands of the non-Chernozem zone: monograph/ V. A. Shevchenko. – M.: VNIIGiM, 2017. Pp. 7-26.
5. Rassadin, A. ya. Scientific bases of protection of soils from water erosion and deflation: textbook / A. Ya. Rassadin, G. I. Bazdyrev, N. S. Matyuk, N. F. Khokhlov and others. - Moscow: RGAU-MSHA named after K. A. Timiryazev, 2012. - 232 p.

СОДЕРЖАНИЕ

Шевченко В.А. КОСТЯКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ ВО ВНИИГИМ.	3
МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	7
Бубер А.А., Добрачев Ю.П. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ АГРОЦЕНОЗА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ И МЕЛКОДИСПЕРСНОМ ДОЖДЕВАНИИ	7
Губин В.К. МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ НИЗКОНАПОРНОЙ СЕТИ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ.	14
Демин А.П. ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТОЯНИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ В 1990- 2018 гг.	19
Добрачев Ю.П., Бубер А.А. СЦЕНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИГРАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА С ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ИМИТАЦИОННОЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОДОСБОРА МАЛОЙ РЕКИ	26
Евсенкин К.Н., Ильинский А.В. ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ВОДЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА МЕЛИОРИРО- ВАННЫХ ЗЕМЕЛЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА 2019-2020 ГГ.	33
Енакаева В.Р., Попова Н.М. АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УЧЕТА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ, МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПО РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	37
Енакаева В.Р., Попова Н.М., Гетьман Е.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ БАСЕЙНА РЕКИ КУБАНЬ В РИСОВОМ СЕВООБОРОТЕ ПО КРАСНОДАРСКОМУ КРАЮ, РЕСПУБЛИКЕ АДЫГЕЯ И КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКЕ ...	45
Ескермесов Ж.Е., Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С. ПРИРОДНЫЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ	53
Жапаркулова Е.Д., Бажанова Л.В., Калиева К.Е., Таженова А.И., Турсыналы Д. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК ЛЕДНИКОВО-СНЕГОВОГО ПИТАНИЯ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ТРАНСГРАНИЧНОГО БАСЕЙНА РЕКИ ШУ	59

Зайцев А.И. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЯРОСЛАВСКОГО ГОКА И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.	66
Инишева Л.И.; Шайдак Л.В., Инишев Н.Г. МОНИТОРИНГ РЕЖИМОВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ НА ОБЪЕКТАХ ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ	69
Казьмирук И. Ч. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОСУШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ДРЕНАЖЕМ	76
Кирейчева Л.В., Карпенко Н.П. ОЦЕНКА МЕЛИОРАТИВНОЙ НАГРУЗКИ НА АГРОЛАНДШАФТ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЕЕ СНИЖЕНИЯ	85
Кудрявцева Л.В. УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ СТОЙКИ ДОЖДЕВАТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛУСТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЫ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ	95
Курбатов Н.П. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА	98
Лоскин М.И. МЕЛИОРАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ) В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	103
Лунева Е.Н., Новикова И.В., Денисов В.В. РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	110
Лунева Е.Н., Новикова И.В., Мангуш А.П. К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ.....	118
Максименко В.П., Губин В.К., Головинов Е.Э., Меньшикова С.А . ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ИЗБЫТОЧ- НОГО ЕСТЕСТВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ДЕФИЦИТА ИСПАРЯЕМОСТИ НА ПРОЕКТИРУЕМОМ УРОВНЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ.....	124
Маркин В.Н. ТРЕБОВАНИЯ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ К УСЛОВИЯМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ.....	132
Новикова И.В., Лунева Е.Н., Денисов В.В. СРЕДСТВА ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ.....	139

Павлущенко В.А. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ НА РАСТЕНИЯ И КОРНЕОБИТАЕМЫЙ СЛОЙ ПОЧВЫ.....	145
Пыленок П.И. МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	152
Пыленок П.И. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ ОСУШАЕМОЙ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ.	158
Раткович Е.Л. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЦЕНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАПРОГРАММИРОВАННЫХ УРОЖАЕВ ЗЕМЛЯНИКИ В УСЛОВИЯХ КАМЕРЫ ИСКУССТВЕННОГО КЛИМАТА.....	165
Сейтказиев А.С., Салыбаев С.Ж., Абдешов К.Б. ИСПАРЕНИЕ С ПОВЕРХНОСТИ ГРУНТОВЫХ ВОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВОГРУНТОВ	170
Устинов М.Т., Глистин М.В. КЛИМАТ И ЛАНДШАФТЫ – ВЕКТОРЫ МЕЛИОРАЦИИ БАРАБИНСКОЙ РАВНИНЫ.	175
Чучкалов С.И., Алексеев В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭРОЗИОННОСТИ ПОЧВЫ ОТ ЕЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	179
Шадских В.А., Кижаяева В.Е., Рассказова О.Л. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ ПОВОЛЖСКОГО РЕГИОНА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.	186
Щедрин В.Н. ЦЕЛИ, ПУТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ДАЛЬНЕЙШЕГО ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРАЦИИ В РОССИИ	193
<i>ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ И ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ</i>	198
Абдешев К.Б., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Абдикеримов С.А. ПРИКЛАДНАЯ МОДЕЛЬ РАССОЛЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ.	198
Воронов С.И., Плескачев Ю.Н. СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ.....	205
Евсенкин К.Н., Нефедов А.В., Иванникова Н.А. ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ МАССЫ ЯЧМЕНЯ.	212

Жусупова Л.К., Умирзаков С.И., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ГИДРОБИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СПОСОБА ОСВОЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	217
Лапушкин М.Ю. ТЕХНОЛОГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОПАСНЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ	224
Лентяева Е.А. ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТИ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЯХ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕСУРСА.....	231
Максименко В.П., Волчкова Т.Л. ОРОШЕНИЕ – ВАЖНЫЙ ФАКТОР В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ	238
Манджиева Т.Н. ВОЗДЕЛЫВАНИЕ АМАРАНТА МЕТЕЛЬЧАТОГО НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ КАЛМЫКИИ.....	245
Матюк Н.С., Шевченко В.А., Соловьев А.М., Г.И. Бондарева, Полин В.Д. РОЛЬ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ТРАНСФОРМАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ.....	249
Мерзлова О.А., Шкуратов И.М. РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ В ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ	261
Новиков А.Е., Бородычев В.В., Шевченко В.А. БИОМЕЛИОРАЦИЯ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШЛАМОВЫХ ВЛАГОСОРБЕНТОВ.....	266
Павлов В.Ю. ВЛИЯНИЕ ЛИСТОВОГО ОПАДА ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ГОРОДСКИХ ПОЧВ	271
Сагаев А.А, Алимбаев А.Н., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. СПОСОБ СОЗДАНИЯ СЕВООБОРОТА С МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ ПОЛИВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ГИДРОАГРОЛАН-ДШАФТНЫХ СИСТЕМ	277
Сельмен В.Н. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЕВОДСТВА ПОД ИСКУССТВЕННЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ	283
Сычев В.Г., Налиухин А.Н. АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И МЕЛИОРАНТОВ	288

Толкачев Г.Ю., Корженевский Б.И. ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ РЕКИ ПЕКША (ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛАСТЬ)	294
Толкачев Г. Ю., Корженевский Б.И., Коломийцев Н.В., Ильина Т.А. ТЕХНОГЕННАЯ НАГРУЗКА И ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ р. КЛЯЗЬМА НИЖЕ г. ВЛАДИМИРА	300
Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., Каторгин Д.И. ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЭРОДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	305
Цыгуткин А.С., Алдошин Н.В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУИРОВАНИЮ СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И БЕЛОГО ЛЮПИНА НА ОСНОВЕ УЧЕТА ЕГО БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ	311
Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинова Э.З. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ГАЛОФИТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА	318
Шамсутдинов Н.З. О ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВАХ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ	327
Шевченко В.А., Соловьев А.М., Бондарева Г.И., Попова Н.П. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ПРИ ОСВОЕ- НИИ ВЫБЫВШИХ ИЗ ОБОРОТА МАЛОПРОДУКТИВНЫХ МЕЛИОРИРО- ВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ.....	334
Шевченко В. А., Соловьев А. М., Попова Н.П. ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ И ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОВЛЕКАЕМЫХ В СЕЛЬСКОХО- ЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ МЕЛИОРИРОВАН- НЫХ ЗЕМЕЛЬ.....	343

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ
МЕЛИОРАЦИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ
(Костяковские чтения)**

Материалы международной
научно-практической конференции

Том I

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка – Е.Н. Гетьман
Макет обложки – А.В. Матвеев

Подписано в печать 10.06.2020 г.
Усл. печ. л. 22,6. Тираж 500 экз.
Заказ №

Издательство ВНИИГиМ
127550 Москва, ул. Большая
Академическая, 44, корп. 2

Отпечатано с готовых макетов
в типографии ООО «ОнтоПринт»
105187, Москва, ул. Окружной
проезд, д. 18, офис 78
www.ontoprint.ru

ISBN 978-5-6042438-1-7



9 785604 243817