

130 лет со дня рождения  
Алексея Николаевича Костякова



МАТЕРИАЛЫ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**Экологические аспекты  
мелиорации, гидротехники и  
водного хозяйства АПК**



Москва 2017

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАЦИИ,  
ГИДРОТЕХНИКИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА АПК**

Материалы международной  
научно-практической конференции,  
*приуроченной к «Году экологии в Российской  
Федерации» и 130-летию со дня рождения  
А.Н. Костякова*  
(Костяковские чтения)

**5-6 октября 2017 г.**

**Москва 2017**

УДК 631.6  
ББК 40.6

**Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК.** Материалы международной научно-практической конференции. –М.: Изд. ВНИИГиМ, 2017. - 400 с.  
ISBN 978-5-9906859-3-2

В сборнике публикуются материалы Международной научно-практической конференции, приуроченной к «Году экологии в Российской Федерации» и 130-летию со дня рождения А.Н. Костякова. Рассмотрен широкий круг актуальных направлений исследований в области сельскохозяйственных мелиораций, водного хозяйства, гидротехники, экологии и экономики в России и странах ближнего Зарубежья. Приведены исследования по совершенствованию оросительных и осушительных систем, техники и технологии полива, рациональному использованию водных ресурсов, восстановлению деградированных земель, пастбищных угодий и предотвращению опустынивания территорий. Значительное внимание уделено повышению надежности и безопасности гидротехнических сооружений, экологическому мониторингу мелиорированных земель и мелиоративных систем. Затронуты вопросы экологически устойчивого развития сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях, представлены разработки по технологиям и техническим средствам для проведения мелиоративных работ.

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

Редакционный совет: д.с.-х.н. В.А. Шевченко, д.т.н. Л.В. Кирейчева, д.т.н. С.Д. Исаева, д.т.н. И.Ф. Юрченко, к.т.н. А.О. Щербаков, к.т.н. Г.Х. Бедретдинов

УДК 631.6  
ББК 40.6

ISBN 978-5-9906859-3-2

©ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2017  
©Издательство ВНИИГиМ, 2017

**В.А. Шевченко**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

28 марта 2017 г. исполнилось 130 лет со дня рождения выдающегося ученого, талантливого организатора науки, академика ВАСХНИЛ и члена-корреспондента АН СССР, дважды лауреата Государственной премии СССР, заслуженного деятеля науки и техники, профессора Алексея Николаевича Костякова.

Отмечая юбилей крупного ученого и педагога, создавшего отечественную мелиоративную школу, мы в очередной раз признаем исключительную роль Алексея Николаевича в организационном становлении мелиоративной науки. Он не только собрал, но и обобщил опытные данные по мелиорации, имеющиеся как у нас в стране, так и за рубежом, и дал производству научно-обоснованные методы проектирования и эксплуатации мелиоративных систем; им впервые разработана программа и методика мелиоративных исследований.

Труды А.Н. Костякова, в которых заложен прочный фундамент современной мелиоративной науки и практики, и по настоящее время остаются настольными книгами для научных работников, проектировщиков и строителей, незаменимым пособием для мелиораторов и аграрников.

Алексей Николаевич Костяков родился (1887 г.) в г. Серпухове Московской губернии, окончил с золотой медалью Серпуховскую гимназию и поступил на инженерное отделение Московского сельскохозяйственного института (ныне РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева). После окончания института с 1912 г. Алексей Николаевич работал гидротехником Московско-Тверского управления Департамента земледелия и государственных имуществ, затем заведующим Гидромодульной частью при Отделе земельных улучшений, одновременно, занимаясь научной и педагогической деятельностью в Московском сельскохозяйственном институте. В 1919 г. Совет сельскохозяйственного института единогласно признал учебно-научные заслуги А.Н. Костякова и постановил считать его профессором по кафедре сельскохозяйственной гидротехники.

В этом же году организуется Мелиоративная лаборатория при Инженерном отделении МСХИ в Москве. Руководит всем опытно-мелиоративным делом А.Н. Костяков. На базе этой лаборатории в 1923 г. Наркомземом РСФСР был организован Государственный институт сельскохозяйственных мелиораций (ныне ВНИИГиМ). Первым его директором стал А.Н. Костяков. С созданием ВАСХНИЛ этот институт в 1929 г. был преобразован во Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, который с 1958 г. носит имя его создателя и первого директора.

Одним из важнейших разделов в научных исследованиях академика А.Н. Костякова является разработка вопросов, связанных с развитием мелиораций в Европейской части СССР. Этой проблеме посвящен ряд его работ, таких как

опубликованные в 1914 г. «Очерки по орошению на юге и юго-востоке России», «Мелиорация в борьбе с неурожаями» (1924 г.), «Перспективы мелиораций в СССР (Европейская часть)» (1925 г.) и др.

В труде «Перспективы мелиораций в СССР (Европейская часть)», характеризуя отношение к мелиорации, А.Н. Костяков отмечает: «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 хозяйства, которое в годы кризисов и неурожаев теряет значительно больше, чем стоит осуществление работ по мелиорации.

Вершиной творческой научной деятельности А.Н. Костякова по обобщению теоретических разработок и опыта мелиоративных работ в аридной и гумидной зонах страны явился его капитальный труд «Основы мелиорации» (1927), удостоенный Государственной премии первой степени, выдержавший шесть изданий и не потерявший своего значения до наших дней.

В этом фундаментальном труде изложены теоретические основы новой 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 книга не имела аналогов ни у нас в стране, ни за рубежом. Эта книга постоянно дорабатывалась автором при ее переизданиях, с учетом новейших результатов науки и практики мелиорации.

«Основы мелиорации» стали по существу энциклопедией новой научно-технической отрасли на многие годы.

Большая заслуга А.Н. Костякова – разработка принципов и методики мелиоративного районирования земель. Под мелиоративными районами он понимал районы, «в пределах которых потребности, условия и характер сельскохозяйственных мелиораций будут довольно близкими между собой, так сказать однотипными». На территории европейской части СССР им выделены три зоны: избыточного, неустойчивого и недостаточного увлажнения, каждая из которых разбита на мелиоративные районы. В последние годы появились десятки методик районирования, но все они в той или иной мере учитывают основополагающие принципы А.Н. Костякова.

Непреодолимое значение имеют научные положения А.Н. Костякова по вопросам интенсификации земледелия на мелиоративных землях. Так, 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».

А вот несколько его слов, относящихся к орошаемому земледелию: «...орошаемое хозяйство по своей природе интенсивно и может выживать, и давать наибольшую рентабельность, будучи интенсивным».

Алексей Николаевич Костяков является создателем учения о режимах орошения, методах расчета техники полива, проектирования оросительных систем и гидротехнических мероприятий, направленных на предотвращение засоления земель.

Режим орошения по А.Н. Костякову – это определение потребной оросительной нормы для каждой культуры, распределение ее по отрезкам вегетационного периода, в зависимости от допустимой предполивной влажности корнеобитаемого слоя почвы и фазы развития растений. А.Н. Костяков подчеркивал необходимость разработки эксплуатационного режима орошения с учетом конкретных метеорологических условий и реальных расходов источников орошения расчетного года. Режим орошения он тесно увязывал с техникой и способами полива, и рассматривал их, как мощное средство воздействия на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Алексей Николаевич справедливо указывал, что техника и способ полива должны соответствовать биологическим особенностям растений, обеспечивать сохранение структуры почвы, экономное расходование воды и высокопроизводительное использование сельскохозяйственных машин. Поэтому он отдавал предпочтение дождеванию и подпочвенному орошению, подчеркивал необходимость поиска новых, более эффективных способов орошения.

Особое внимание он уделял развитию мелиорации в засушливом Поволжье. Для этой крупной и своеобразной зоны необходим был новый подход при расчете режимов и техники орошения, где поливы являются дополнением к ежегодно изменяющемуся объему выпадающих осадков. Механический перенос сложившихся принципов орошения, из старой Среднеазиатской в новую Заволжскую зону, был неприемлем. Именно здесь, в Поволжье, утвердила себя, а с 1949 г. принята для повсеместного применения, новая система орошения, за ее разработку А.Н. Костяков был удостоен Государственной премии. Сущность ее состояла в том, что площади поливных участков, по границам которых располагались постоянные каналы, лесополосы, дороги и другие сооружения, увеличивались до 40...60 га. В пределах поливных участков распределение воды по бороздам и полосам (поверхностный способ орошения в то время был основным) осуществлялось с помощью нарезаемых перед поливом и заравниваемых после его проведения временных оросителей. Размеры сторон поливных

участков, а, следовательно, и длина гона механизированных агрегатов, увеличивались до 400...1200 м. Это открывало большие возможности применения в орошаемом земледелии высокопроизводительной техники и механизированных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Нельзя не отметить теорию А.Н. Костякова о закономерности увеличения потребности культурных растений в воде с повышением урожайности. При этом 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. 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 тем самым, еще в 30-е годы заложил основы программирования урожая, получившего теперь теоретическое и экспериментальное обоснование, и широкое практическое применение.

В интереснейшей работе «О нормировании воды при орошении», опубликованной в 1945 г., А.Н. Костяков обращал внимание на то, что применявшиеся в то время нормы орошения могли бы быть значительно снижены, при более высокой агротехнике и технике полива, и при повышении плодородия почв, т.е. должно быть разумное сочетание инженерных и агрономических мероприятий. Он писал: «Чем чаще и меньшими нормами делаются поливы, тем точнее регулируется водный режим почвы, т.е. тем лучше создаваемый режим влаги приближается к потребному. Необходима прерывистая подача воды на поле».

Любопытны результаты наблюдений А.Н. Костякова, касающиеся практики орошения в Средней Азии и Закавказье: «При первом беглом знакомстве с характером водопользования в коренных областях орошаемого земледелия поражает повсеместное стремление к усиленным поливам... население, стремясь получить повышенные урожаи, применяет оросительные нормы поливов выше средних и большие. В результате урожаи понижаются, а расход воды увеличивается в 2,5 раза против среднего. С народнохозяйственной точки зрения это является злом, с которым надо бороться». А.Н. Костяков выступал за необходимость введения платы за воду «с таким расчетом, чтобы каждый водопользователь платил налог, исчисляемый не по площади хозяйства, а по количеству затраченной им оросительной воды». Доказав, что стремление к усиленному орошению находится в противоречии с ограниченностью водных ресурсов, и ведет к снижению урожая и засолению земель.

Предложенный А.Н. Костяковым комплекс мер по борьбе с засолением, включающий экономное использование поливной воды, борьбу с ее потерями, промывку почвы, дренаж и другие мероприятия, в принципе остается актуальным и в настоящее время. 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.

В совершенствовании техники полива, в засушливых районах страны, наиболее значительной заслугой А.Н. Костякова является обоснование полива дождеванием, которое в несколько дополненном и конкретизированном виде сохраняет силу и в настоящее время. Им сформулированы условия применения дождевания.

К числу прогрессивных способов орошения А.Н. Костяков относил также 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».

Характеризуя принципы создания оросительных систем, А.Н. Костяков писал: «Оросительная система, рассчитанная на крупное хозяйство, должна предусмотреть, во-первых, специализированное хозяйство, во-вторых, хозяйство механизированное и рациональное, дающее максимум урожайности продукции, на которую это хозяйство специализировано, при минимуме затрат труда. И при этом остается еще очень большое задание: достичь всех этих условий с минимумом затрат – как капиталовложений на устройство самой системы, самого механизма, рассчитанного на это хозяйство, так и с минимальными затратами другого капитала, тоже чрезвычайно ценного – это капитала водного, т.е. с минимальными затратами водных ресурсов, которыми мы обладаем и которые для всех районов орошения являются чрезвычайно ограниченными».

Важное значение придавал А.Н. Костяков развитию на европейской территории страны осушительных мелиораций. Из общего объема затрат на проведение мелиораций земель на долю осушительных А.Н. Костяков отводил более 40%.

В зоне избыточного увлажнения гидромодульные и опытные работы, выполненные под руководством А.Н. Костякова, позволили установить эффективность осушения, дренажные модули стока для разных почв, рациональные способы осушения.

А.Н. Костяковым разработаны 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.

Важно отметить, что А.Н. Костяков большое внимание уделял подготовке кадров. Начав педагогическую работу в 1912 г., он вел ее всю жизнь в течение 45 лет. На кафедре сельскохозяйственных мелиораций Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева, а затем в открытом на базе Инженерного отделения Московском институте инженеров водного хозяйства имени В.Р. Вильямса (в последствии МГМИ, МГУП) он руководил учебными процессами, читал лекции, вел семинарские занятия, готовил учебные программы и планы по курсу сельскохозяйственных мелиораций. Он подготовил тысячи специалистов – высококвалифицированных инженеров-мелиораторов, десятки и сотни научных работников и ученых.

А.Н. Костяков обучал студентов всесторонне, считая, что мелиорация – это комплексная наука, которая должна рассматривать и вопросы строительства гидротехнических сооружений, и распределения и рационального использования водных ресурсов, и утилизации водной энергии. Алексей Николаевич был блестящим лектором, доходчивое изложение лекционного курса сочеталось с постоянным обновлением материала, он обязательно включал в лекции новые сведения по обсуждаемой теме, опубликованные за прошедший период в отечественной и зарубежной печати.

Это был удивительно трудолюбивый, мягкий и обаятельный человек. Будучи уже известным ученым, он со всеми держался просто, как равный с равными. Любил, когда ему задавали вопросы, и отвечал на них, ничем не выказывая своего превосходства. Алексей Николаевич говорил: «Тот, кто не боится задавать вопросы, будет знать».

Внешне он был скромн, в обращении с учениками (студентами и аспирантами) – прост и доступен, не чуждался шутки и юмора. Даже в серьезных и острых разговорах он никогда не позволял себе резких слов, спокойно и убедительно доказывал свою точку зрения.

Умел слушать собеседника, не перебивал человека, и в беседах он никогда ни о ком не говорил дурных слов. Его образованность и интеллигентность ощущалась при обсуждении как крупных, так и мелких проблем.

Алексей Николаевич не был кабинетным работником. Поддерживая постоянную связь с производством, он посещал мелиоративные стройки, интересовался результатами труда производственников, с большим вниманием относился к передовому опыту агрономов и мелиораторов.

А.Н. Костяков был активным участником мелиоративного строительства в стране, принимал активное 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.

Являясь выдающимся ученым и прекрасным организатором мелиоративных работ в нашей стране, Алексей Николаевич с 1919 г. и до конца своей жизни участвовал в работах Госплана СССР, Министерства сельского хозяйства, возглавлял Отделение гидротехники и мелиорации ВАСХНИЛ и созданные им кафедры сельскохозяйственной мелиорации в Тимирязевской сельскохозяйственной академии и в Московском институте инженеров водного хозяйства.

Многогранная творческая деятельность А.Н. Костякова получила достойную оценку государственных органов и широкой общественности. В 1933 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР, с 1935 г. действительным членом ВАСХНИЛ.

А.Н. Костяков, заложив фундамент мелиоративной науки, создал простор для развития новых положений при решении практических задач мелиораций и сопутствующих дисциплин. В его последней статье (1957 г.) «Мелиоративная наука в СССР за 40 лет» сформулированы задачи дальнейшего развития опытных мелиоративных исследований. Основные положения этого завещания: 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 производственных процессов; развитие научных исследований, улучшение подготовки молодых специалистов; укрепление связи мелиоративной науки с производством, непосредственно со стройками, проектными и эксплуатационными организациями, передовиками производства.

Во времена А.Н. Костякова еще не стояли так остро вопросы охраны природы и экологии. Но он, предугадывая, писал: «Мелиоративные и агротехнические мероприятия присущими им путями и методами изменяют различные стороны природных условий и вместе с тем влияют друг на друга. Только при взаимном сочетании они наиболее полно и эффективно разрешают стоящую перед мелиорациями задачу - направленного изменения, переделки неблагоприятных природных условий в соответствии с потребностями хозяйства. Мелиорации входят составной частью в общий комплекс мероприятий по преобразованию природы».

Благодаря трудам Алексея Николаевича Костякова, его учеников и последователей, мелиорация в России имеет надежную научную базу и, вне всякого сомнения, займет в ближайшие годы подобающее ей место в аграрном секторе экономики, ибо без мелиорации сельское хозяйство в России не может быть устойчивым и эффективным.

## ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Н.К. Вахонин**

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Республика Беларусь

Республика Беларусь находится в гумидной зоне, в связи с чем в естественных условиях более 8 млн. га земель являлись заболоченными и избыточно увлажненными. В результате проведенной широкомасштабной мелиорации было осушено и находится в сельхозиспользовании около 3 млн. га – треть всех сельхозугодий.

При системном подходе в качестве функционально полной системы должен рассматриваться мелиоративный сельскохозяйственный объект, включающий четыре неразрывно связанные процессами взаимодействия (основополагающим среди которых является процесс динамики воды) подсистемы: мелиоративная сеть, мелиорируемые земли, сельскохозяйственная растительность, изменяемая окружающая среда, с генерализацией до мелиоративного комплекса Беларуси в целом, представленные на рисунке 1.



Рисунок 1 – Мелиоративный комплекс Республики Беларусь

Мелиоративные системы были построены на протяжении длительного периода (основная часть в 60-90 годы), в связи с чем в настоящее время нахо-

дятся в различном состоянии. В результате этого на них имеет место необходимость в мероприятиях, соответствующих различным этапам жизненного цикла, реализация которых осуществляется в рамках текущей государственной программы «Сохранение и использование мелиорированных земель» на 2016-2020 годы (рис. 2).

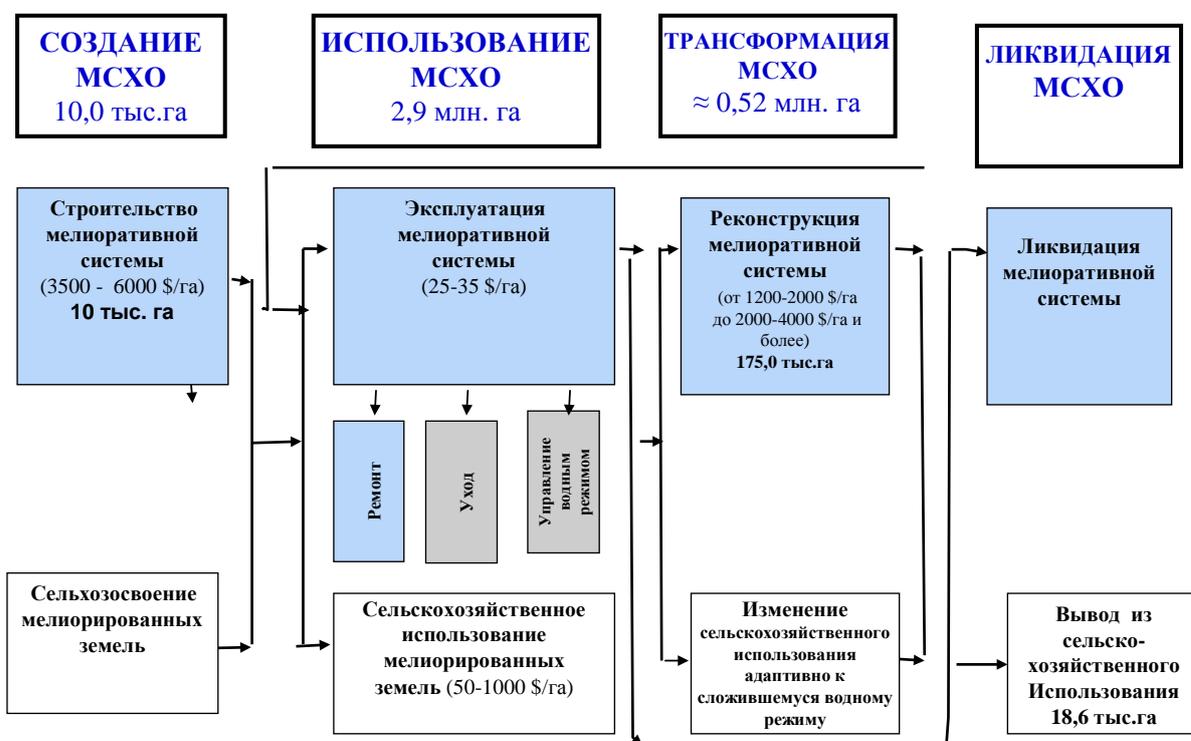


Рисунок 2 – Жизненный цикл мелиоративных сельскохозяйственных объектов (МСХО) и его этапы в Государственной программе «Сохранение и использование мелиорированных земель» на 2016-2020 гг.

В сложившихся рыночных условиях, требующих от сельского хозяйства перехода с валовых показателей на экономические, главной задачей в мелиорации является изменение основополагающего подхода в принятии решений: от критериев технической работоспособности систем, к выбору вариантов мелиоративных объектов, отвечающих целям экономико-экологического уровня общности: максимум доходов, минимум затрат, минимум негативного влияния на окружающую среду [1].

Решение этой задачи может быть обеспечено только на основе разработки и использования в мелиорации и сельхозиспользовании мелиорированных земель инновационных решений как в материальных, так и в играющих основную роль при принятии решений информационных технологиях.

Основополагающими концептуальными подходами для достижения этого являются: - системный подход в планировании и проектировании мелиоративных мероприятий от общего к частному: республиканский уровень – бассейновые схемы – конкретные мелиоративные объекты; - использование адаптивных стратегий: приспособления сельскохозяйственного использования земель, про-

ходимости сельскохозяйственной техники, выбираемой интенсивности осушения к складывающемуся водному режиму, в качестве вариантов, альтернативных стратегии кардинального его изменения на всей территории объекта, более затратной и оказывающей большее воздействие на окружающую среду; - переход от нормативно-типизированных решений к многовариантным расчетам на основе объективных данных о реальном состоянии систем; - переход в проектировании от использования предельно упрощенных зависимостей, обеспечивающих возможность осуществления ручного счета, к многовариантному автоматизированному проектированию, основанному на моделях с распределенными параметрами; - организация эффективной системы информационного обеспечения принятия решений при планировании и проектировании на всех иерархических уровнях их осуществления, на основе проведения агро-гидро-эколого-мелиоративного мониторинга, включающего автоматизированные, наземные наблюдения и дистанционное зондирование земли; неразрушающей диагностики состояния закрытого дренажа, параметров почвы на основе современных телекоммуникационных технологий, микроэлектроники, с организацией хранения и обработки собранных данных, базируясь на современных информационных технологиях баз данных и геоинформационных систем; - разработка конструкций мелиоративных систем и их элементов с использованием новых материалов; - переход в изучении процессов с макро- на микроуровень; - разработка многофункциональных энергосберегающих технических средств, сельскохозяйственных машин повышенной проходимости.

Принятие эффективных решений на всех уровнях планирования, проектирования, строительства, эксплуатации мелиоративных объектов и их сельскохозяйственного использования требует использования систем поддержки принятия решений, разработанная структура которых, включающая оптимизационные модели и их информационное обеспечение, приведена на рисунке 3. В соответствии с рисунком 3 нами разработан и реализован комплекс программных средств (Vahonin Research Lab), предназначенных для решения задач контроля оценки, прогнозов и оптимизации мелиоративных мероприятий и сельскохозяйственного использования земель, а также организации их автоматизированного информационного обеспечения, взаимосвязь которых приведена на рисунке 4.

Исходя из того, что эффективность функционирования мелиоративных объектов определяется рядом характеристик (водный режим мелиоративной сети мелиорированных земель, метеофакторы, плодородие почвы и т.п.), пространственно-распределенных на больших площадях и изменяющихся во времени (в течение периода вегетации и по годам) разработана геореляционная структура хранения результатов их мониторинга [2]. Она включает хранение пространственно распределенной структуры и параметров мелиоративных объектов в тематических слоях геоинформационной системы, а переменных быстроизменяющихся процессов (температура, осадки, уровни, расходы и т.д.) – в разработанной специализированной реляционной базе данных временных рядов «GEO2», с организацией интерфейса между ними [3].

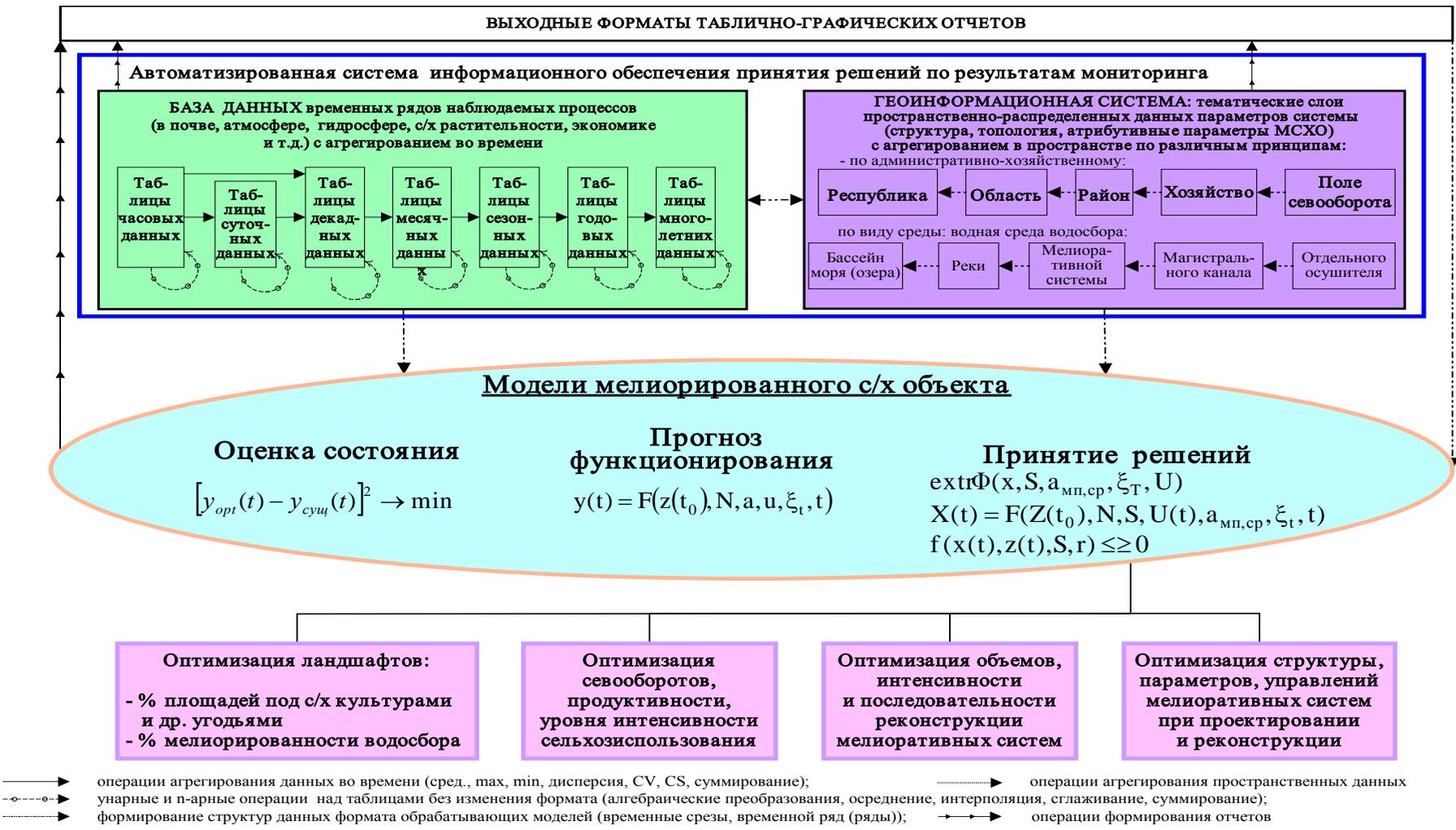


Рисунок 3 – Система поддержки принятия экономико-экологически обоснованных решений в мелиорации и сельхозиспользовании мелиорированных земель с геореляционной структурой информационного обеспечения по результатам мониторинга агро-гидро-гео-метео-показателей объектов

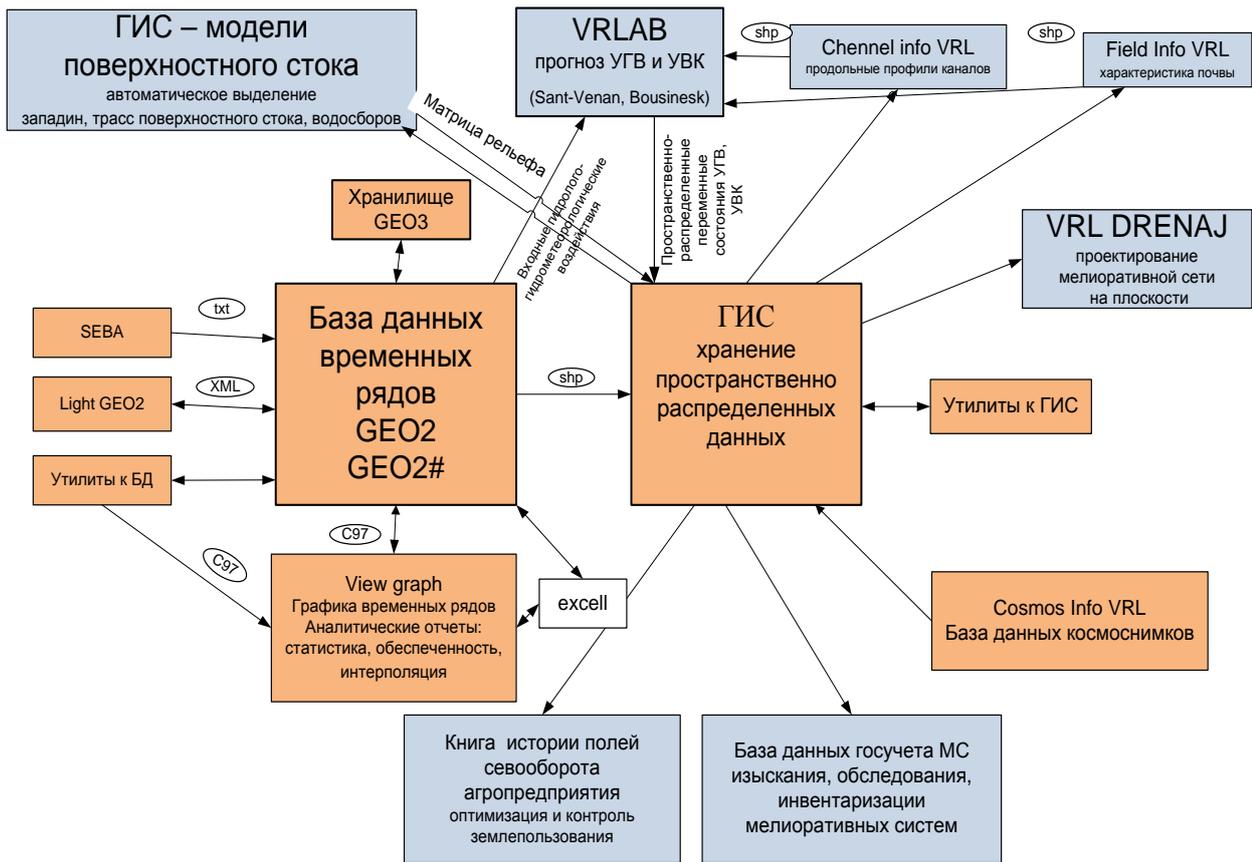


Рисунок 4 – Комплекс программ для поддержки принятия решений в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель

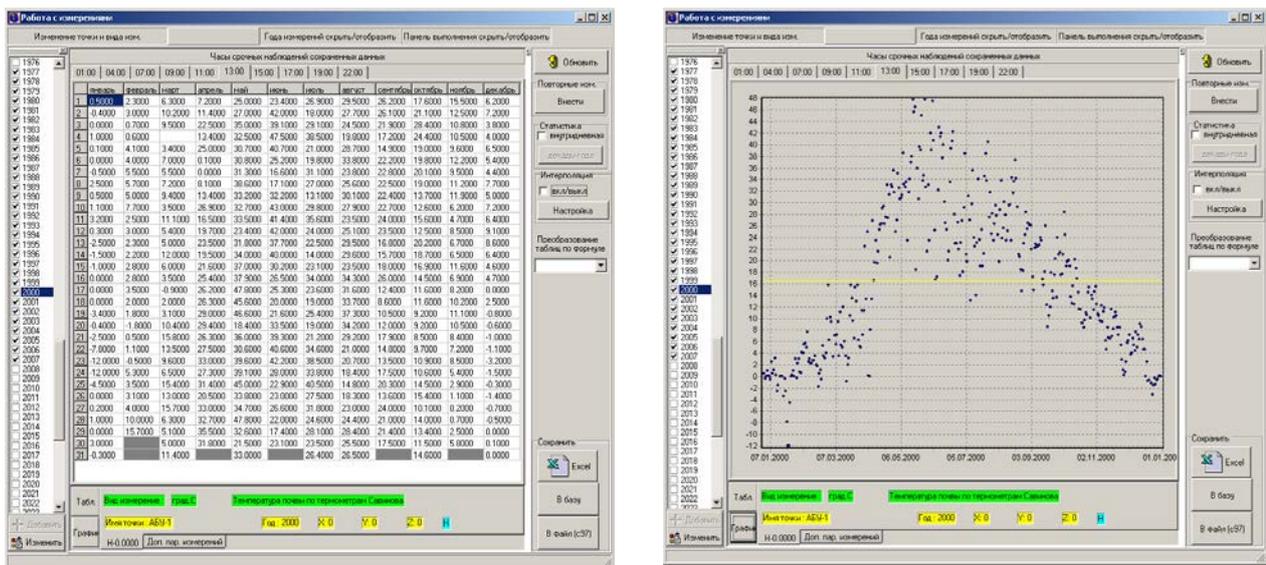


Рисунок 5 – База данных временных рядов Geo2 результатов агро-эколого-мелиоративного мониторинга (окна табличного и графического представления годовых данных)

Помимо ввода данных через привычный формат годовых таблиц (рис. 5) непосредственно в базу данных GEO2 на сервере, реализовано приложение для удаленного ввода непосредственно по месту осуществления мониторинга с последующей конвертацией в основную базу, а также приложения для конвертации данных с логгера автоматической станции мониторинга агрометеорологических характеристик SEBA, таблиц Excel. В настоящее время в БД собрано более 10 млн. данных по метеостанциям Беларуси, Пружанского стационара и других мелиоративных объектов, являющихся надежным информационным обеспечением различных практических задач мелиорации. С помощью реализованных клиентских приложений обеспечиваются разнообразные обработки временных рядов, их графическое и табличное представление.

Геореляционная организация системы обеспечивает возможность автоматизированной обработки и формирования наборов данных, необходимых для любых задач (используемых моделей) на различных иерархических уровнях управления.

Единая методология информационного обеспечения всех рассматриваемых задач (программно реализованных моделей) обеспечивает возможность беспрепятственного автоматизированного обмена данными между информационными системами, необходимыми различным субъектам мелиоративной деятельности: система госучета мелиоративных объектов в генерализованных показателях для разработки программ мелиорации республиканскими и областными органами управления; система обеспечения бизнес-процессов в мелиоративных предприятиях – планирования работ по эксплуатации, реконструкции, контроль их выполнения и технического состояния мелиоративных систем по ежегодным обследованиям и инвентаризациям, мониторинг водного режима; система информационного обеспечения проектирования по данным изысканий в проектных организациях; книга истории полей агропредприятия, обеспечивающая отдельный учет урожайности на мелиорированных землях для планирования их сельхозиспользования, обоснованного выбора объектов, требующих реконструкции; система мониторинга почв по турам почвенных и агрохимических обследований; система мониторинга агрогидрометеорологических данных. В результате этого все вышеперечисленные системы фактически являются частями единой информационной системы агропроизводства. При этом исключается непродуктивный повторный сбор и ввод данных.

Информационное ядро системы (ГИС, БД) обеспечивает автоматизированное формирование любых пространственно-временных наборов данных различной структуры необходимых для оптимизационно имитационных моделей с распределенными параметрами (рис. 4) осушительного действия мелиоративных систем, формирование поверхностного стока (VRLAB, ГИС-модели поверхностного стока, книга истории полей севооборота), обеспечивающих многовариантные расчеты. Разработанная система поддержки принятия решения обеспечивает повышение эффективности мелиорации за счет осуществления многовариантных расчетов для выбора оптимальных вариантов при планирова-

нии и проектировании реконструкции мелиоративных систем и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель.

#### **Список использованных источников**

1. Вахонин Н, К. Мелиоративное проектирование с позиций системного анализа // В кн.: Прогнозы водного режима при мелиорации земель. Минск, БелНИИМиВХ, 1988. – С. 47-61.
2. Вахонин Н.К. Концептуальные основы принятия эколого-экономических решений в больших природно-технических системах // В кн. Европа наш общий дом: экологические аспекты. Тематические доклады. Часть 2, Минск, 2000. – С. 95-108.
3. Вахонин Н.К., Сороговец, Ю.В. База данных мониторинговых наблюдений для информационного обеспечения принятия решений // В кн. Мелиорация переувлажненных земель. Сб. науч. работ Т. XLIX, БелНИИМиЛ НАН Беларуси, Минск, 2002. – С. 179-186.

УДК 631.6

## **О ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКЕ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ В УЗБЕКИСТАНЕ**

**М.Х. Хамидов\***, **А.Р. Муратов\***, **Н. Аллаберганов\*\***

\*ТИИИМСХ, г. Ташкент, Узбекистан;

\*\*Управление мелиорации МСиВХ УзР, г. Ташкент, Узбекистан

Сельское хозяйство, как одна из наиболее крупных отраслей, является одним из приоритетных направлений экономики страны. Узбекистан обладает благоприятными природно-климатическими условиями для производства различных сельскохозяйственных, в том числе технических культур. Значительная часть посевных площадей, а под техническими культурами практически вся – это орошаемые земли, которые обслуживаются мощной водохозяйственной системой.

Сегодня в сельской местности проживает 63% населения страны. В этой связи сельское хозяйство находится в центре внимания государства. За годы независимости проведена огромная работа по коренному реформированию сельскохозяйственного сектора в стране. Согласно сформулированным в Республике принципам проведения реформ, экономические преобразования в сельском хозяйстве осуществляются поэтапно. За прошедший период экономические реформы были осуществлены в следующих направлениях: - внедрен механизм льготного кредитования фермерских хозяйств, производящих сельхозпродукцию для государственных нужд; - внедрена система оплаты единого земельного налога производителями сельскохозяйственных товаров; - расширены возможности по приобретению сельхозтехники на основе лизинга на льготных условиях; - создана система льготного кредитования для приобретения фермерскими хозяйствами сельхозтехники и оборудования по переработке произведенной ими продукции.

В результате аграрной реформы в сельском хозяйстве и других отраслях агропромышленного комплекса Узбекистана произошли значительные социально-экономические преобразования. Радикально изменились экономические, финансовые и правовые условия хозяйствования, осуществлен переход от ад-

министративной планово-распределительной к рыночно ориентированной системе экономики. Сформировалось многоукладное сельское хозяйство.

Постепенное сокращение посевных площадей хлопчатника и размещение на этих площадях зерновых, овощных, бахчевых культур, картофеля, кормовых культур дало возможность недопущения дефицита и повышения цен на продовольственные товары в условиях мирового финансового кризиса. Принятые меры по реформированию сельского хозяйства, развитию фермерских хозяйств, созданию производственной и рыночной инфраструктуры способствовали формированию класса реальных собственников на селе, увеличению производства сельскохозяйственной продукции и доходов сельского населения.

Вместе с тем, мелиоративное состояние орошаемых земель сдерживало дальнейший рост урожайности сельскохозяйственных культур и увеличение доходов сельскохозяйственных товаропроизводителей. Отсутствие комплексного, системного подхода при формировании проектов мелиоративных мероприятий, а также конкретных источников их финансирования, слабая работа ассоциаций водопользователей привели к снижению объемов мелиоративных работ, повышению минерализации и высокому стоянию уровня грунтовых вод. В результате свыше половины орошаемых земель были в различной степени засоленными, при этом более 16% орошаемых земель фермерских хозяйств находились в неудовлетворительном состоянии.

В целях создания необходимых условий для дальнейшего устойчивого развития сельскохозяйственного производства, улучшения мелиоративного состояния земель, повышения их плодородия и на этой основе увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, а также совершенствования механизма организации и финансирования мелиоративных работ 29 октября 2007 года был издан Указ Президента «О мерах по коренному совершенствованию системы улучшения мелиоративного состоянию земель», который и стал началом нового цикла реформ в данной области. Впервые в Узбекистане во исполнение Указа Президента для внедрения принципиально нового механизма финансирования мелиоративных работ создан при Министерстве финансов Республики Узбекистан Фонд мелиоративного улучшения орошаемых земель, а также его исполнительный орган - Департамент по управлению Фондом. Основными задачами Фонда являются: - аккумулярование на счете Фонда в полном объеме средств, предназначенных для проведения мелиоративных работ за счет бюджетных и внебюджетных источников; - разработка совместно с Министерством сельского и водного хозяйства, Министерством экономики Республики Узбекистан, Советом Министров Республики Каракалпакстан, хокимиятами областей и специализированными организациями долгосрочной и среднесрочных Государственных программ мелиоративного улучшения орошаемых земель; - организация и целевое адресное финансирование на системной основе мелиоративных работ, капитального и текущего восстановительного ремонта, надлежащей эксплуатации магистральных (межобластных), межрайонных и межхозяйственных коллекторно-дренажных сетей в соответствии с утверждёнными программами; - оказание государственной поддержки сельскохоз-

ственным товаропроизводителям путём финансирования работ по повышению плодородия земель за счёт улучшения их мелиоративного состояния; - реализация мероприятий, направленных на укрепление материально-технической базы водохозяйственных организаций, путём выделения средств на возвратной основе для приобретения мелиоративной техники, в том числе на условиях лизинга; - осуществление на постоянной основе мониторинга за целевым, адресным и эффективным использованием выделенных финансовых средств Фонда.

Основными источниками формирования Фонда мелиоративного улучшения орошаемых земель были определены: - бюджетные ассигнования, соответствующие поступлениям по единому земельному налогу, уплачиваемому сельскохозяйственными товаропроизводителями, в пределах ежегодно утверждаемых основных параметров Фонда мелиоративного улучшения орошаемых земель; - целевые бюджетные ассигнования; - льготные кредиты международных финансовых институтов и иностранных банков; - отечественные и зарубежные гранты и иные источники в соответствии с законодательством.

Средства Фонда мелиоративного улучшения орошаемых земель используются исключительно целевым направлением на: - строительство, реконструкцию, ремонт и очистку магистральных (межобластных), межрайонных, межхозяйственных открытых коллекторов и сооружений на них, закрытых горизонтальных дренажных сетей, скважин вертикального дренажа, мелиоративных насосных станций и наблюдательных сетей в рамках государственных программ мелиоративного улучшения орошаемых земель; - разработку специализированными проектными организациями проектно-изыскательской документации, связанной с реализацией проектов, включаемых в Государственную программу мелиоративного улучшения орошаемых земель; - на мероприятия по финансированию обновления парка мелиоративной техники специализированных строительных и эксплуатационных организаций, ассоциаций водопотребителей на возвратной основе, в том числе на условиях долгосрочного льготного лизинга и на другие работы, предусмотренные Государственными программами мелиоративного улучшения орошаемых земель.

Постановлением Президента Республики Узбекистан от 19 марта 2008 года утверждена Государственная программа мелиоративного улучшения орошаемых земель на период 2008-2012 годы. Во исполнение Указа Президента Республики Узбекистан от 29 октября 2007 года создана специализированная государственная лизинговая компания «Узмелиомашлизинг» в форме государственного унитарного предприятия с основной задачей передачи строительным и эксплуатационным водохозяйственным организациям, осуществляющим деятельность по мелиоративному улучшению орошаемых земель и другим водохозяйственным работам, а также ассоциациям водопотребителей и фермерским хозяйствам в лизинг приобретаемых по их поручениям мелиоративной техники, машин и других средств механизации. В целях эффективного использования средств Фонда мелиоративного улучшения орошаемых земель, развития подрядных организаций, специализированных на выполнении мелиоративных и других водохозяйственных работ, укрепления их материально-технической ба-

зы и повышения конкурентоспособности созданы в регионах страны 49 специализированных на выполнении мелиоративных и других водохозяйственных работ государственные унитарных предприятий.

Для выполнения Государственной программы мелиоративного улучшения орошаемых земель на период 2008-2012 годы выделены на реконструкцию, строительство, ремонт, восстановление мелиоративных объектов и приобретение мелиоративной техники более 800,0 млрд. сум. За эти годы приобретены более 1450 единиц высокопроизводительной мелиоративной техники, в том числе экскаваторов в количестве 600 штук и 180 бульдозеров.

В результате, за прошедшее время организациями и учреждениями, занимающимся деятельностью в сфере улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель, улучшено мелиоративное состояние 1,5 млн. га орошаемых земель, площади сильно и среднесоленых земель уменьшились на 113,0 тыс. га и сокращены площади с близким залеганием грунтовых вод на 415,0 тыс. га. На мелиорированных землях урожайность хлопчатника повысилась на 3-4 ц/га, а озимой пшеницы на 4-5 ц/га.

19 апреля 2013 года в целях дальнейшего улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель, развития сети мелиоративных и ирригационных объектов, рационального и бережного использования водных ресурсов, обеспечения на этой основе устойчивого функционирования сельскохозяйственного производства, повышения плодородия земель и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур принято Постановление Президента Узбекистана «О мерах по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и рациональному использованию водных ресурсов на 2013-2017 гг.». Постановлением одобрена Государственная программа по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и рациональному использованию водных ресурсов на период 2013-2017 гг., включающая реконструкцию и строительство более 5,0 тыс. км коллекторно-дренажной сети, 35 мелиоративных насосных станций, более 900 вертикальных дрен, около 2,4 тыс. км оросительной сети и 150 насосных станций, а также выполнение ремонтно-восстановительных работ коллекторно-дренажной сети, протяженностью 83,5 тыс. км, восстановление 126 мелиоративных насосных станций, более 3,6 тыс. вертикальных дрен, около 30,0 тыс. км оросительной сети, более 21,0 тыс. гидростов и более 45,0 тыс. гидротехнических сооружений, а также приобретение более 836 единиц высокопроизводительной мелиоративной техники. Кроме того, Государственной программой было предусмотрено внедрение водосберегающих технологий орошения, таких как капельное орошение на площади 25,0 тыс. га, полив по бороздам с применением мобильных гибких поливных труб на площади 34,0 тыс. га и полива хлопчатника по экранированным плёнкой бороздам на площади 45,6 тыс. га.

В результате выполнения Государственной программы по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и рациональному использованию водных ресурсов на период 2013-2017 гг., на начало 2017 года улучшено мелиоративное состояние 1 млн. 200 тыс. га орошаемых земель, площади сильно и

среднезасоленных земель уменьшились на 150 тыс. га и сокращены площади с близким залеганием грунтовых вод на 300 тыс. га. На мелиорированных землях урожайность хлопчатника повысилась на 3-4 ц/га, а озимой пшеницы на 4-5 ц/га.

УДК 631.6

## **РОЛЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ В ЭКОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Н.Н. Дубенок**

ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

*ВОДЕ БЫЛА ДАНА ВОЛШЕБНАЯ ВЛАСТЬ  
СТАТЬ СОКОМ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ*

*Леонардо да Винчи*

Международная продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) на основании сбора и анализа общемировых данных по производству и потреблению определила, что продовольственная безопасность обеспечивается при наличии зерна не менее 600 кг в год на душу населения. По данным ФАО в мире производится примерно 2,2 млрд т. В связи с этим примерно третья часть населения Земли голодает или недоедает. К сожалению ситуация с обеспечением населения планеты продовольствием не улучшается, а обостряется. Обусловливается это ограниченными возможностями расширения пашни при ежедневном приросте народонаселения на 219 тыс человек, активной аридизацией климата и опустынивания.

В Российской Федерации 65% пашни, 28% сенокосов, 50% пастбищ подвержены разрушающему действию дефляции, засухе, суховеям и другим неблагоприятным явлениям. Совсем недавняя засуха 2010 года в России охватила около 60 млн. га пахотных земель, что составляет 50 % наличия их в стране. Ущерб от засухи составил 80-85 млрд. рублей.

В пострадавших от засухи 2010 года регионах России дефицит составил: сена – 4 млн т, сенажа – 5 млн т, силоса – 4,8 млн т, соломы – 1 млн т, фуражного зерна – 7 млн т, семян озимых зерновых – 228 тыс т, яровых культур – 1,37 млн т.

Во второй половине 20-го века наблюдалось устойчивое сокращение используемых земель. В период 1961-2003 годов в Мире было выведено из оборота 223 млн га сельхозугодий, больше всего в России и странах СНГ - 58 млн га, в Австралии – 41 млн га, США – 36 млн га, Западной Европе – 25 млн га.

Существует интенсификационный тип такого процесса и перестроечный (кризисный). Последний характерен для России. В результате выбытия земель из оборота произошло сокращение пашни на 10 млн га, посевных площадей – на 40 млн га, в том числе под зерновыми – на 17 млн га.

Последствия вывода земель из оборота:

- Уменьшение площади пахотных земель на душу населения и как следствие уменьшение среднедушевого и валового сбора сельскохозяйственной продукции;
- Потери «вложенного труда» (в мелиорацию ранее вложены огромные финансовые средства);
- Сокращение численности сельского населения.

Мелиоративный комплекс России на 01.01.2014 г. представлен 9,1 млн га мелиорированных земель, в числе которых орошаемых более 4,3 млн га и осушенных почти 4,8 млн га. В нем занято около 5% населения страны. Общая стоимость мелиоративного фонда РФ составляет около 307 млрд руб., в т.ч. в госсобственности – 114 млрд руб.

Большая часть основных фондов создана в 60-80 годы, поэтому около 43% оросительных и свыше 24% осушительных систем нуждаются в проведении работ по техническому улучшению, перевооружению и восстановлению. В результате нарушения функциональных возможностей мелиоративных систем уровень их технического состояния резко упал. Основные площади осушенных земель находятся в Нечернозёмной зоне России, в том числе в Северо-западном Федеральном Округе 1,8 млн га. Свыше половины оросительных систем (2,3 млн га) нуждается в проведении капитальных работ по реконструкции, повышению их технического уровня и других мероприятий. Более 72 процентов орошаемых земель, имеющих неудовлетворительное мелиоративное состояние, сосредоточены в регионах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов.

Анализируя динамику основных показателей водопользования за 16 лет в России видно, как уменьшается водопотребление для целей орошения, обводнения пастбищ и сельскохозяйственного водоснабжения. Так в 2000 году водопотребление для орошения и обводнения сельскохозяйственного водоснабжения составляло 12,6 м<sup>3</sup>, а в 2015 году - 7,2 м<sup>3</sup>. Мы видим резкое уменьшение водопотребления в сельскохозяйственном производстве.

Осушаемым землям принадлежит значительная роль в решении проблемы производства кормов, использование которых имеет выраженную кормовую направленность, а также овощей. Совсем недавно исполнилось 42 года с момента принятия Программы развития сельского хозяйства Нечернозёмной зоны России. После проведения мелиоративных работ, а также строительства дорог, жилья, школ, детских садов, производственных мощностей в Нечерноземье производилось 30% продукции земледелия и животноводства, из них – 31% мяса, 40% молока и яиц, 45% картофеля, 33% овощей, 95% льноволокна, кормов – до 70% и другой продукции.

Необходимо отметить, что при освоении Нечернозёмной зоны затраты на мелиоративные мероприятия составили 18-22% от общего объёма финансирования. Остальной объём финансирования шёл на строительство всей инфраструктуры. Более 80% всех осушаемых сельскохозяйственных угодий занято кормовыми культурами, включая посевы зернофуражных культур. Около 24% площади осушительных систем нуждаются в проведении работ по реконструк-

ции осушительной сети и сооружений, на 33% площади осушенных земель требуется проведение химических мелиораций.

По данным Минсельхоза и Отделения сельскохозяйственных наук РАН на земли сельскохозяйственного назначения приходится 401,1 млн га. Из них к категории сельскохозяйственных угодий относятся 220,7 млн га, в том числе 122,1 млн га пашни.

По площади пашни Россия уступает США (186 млн га), Индии (170 млн га) и Китаю (135 млн га). Агропромышленный комплекс США производит более 400 млн т зерна в год или немногим менее 20% мирового баланса, из них более 60% - на мелиорируемых землях. Индия и Китай, с населением 1,0 млрд и 1,5 млрд человек соответственно, закрывают внутреннюю потребность в продовольствии.

В США с более высоким по сравнению с Россией биоклиматическим потенциалом продуктивности мелиорировано до 40% пашни, что составляет 70 млн га. В Индии из 170 млн га пашни мелиорировано более 60 млн, или около 36%. Еще более высокая доля мелиорированных земель в Китае - около 55%, а площадь их превышает 74 млн га. Теперь в Китае производится около 500 млн т зерна.

Объем же производства зерна в Российской Федерации остается в среднем на уровне 80-90 млн т. И хотя даже при таких скромных показателях наша страна поставляет часть зерна на международный рынок, получается это исключительно из-за недостаточного использования его для производства продуктов питания животного происхождения, импорт которых достигает 20-30%.

Однако следует признать, что незначительная фактически поливаемая площадь не может оказать заметного влияния на увеличение объемов и повышение устойчивости производства продовольствия. Подтверждением этому служит влияние орошения на сельскохозяйственное производство Российской Федерации в конце 80-х годов прошлого столетия, когда поливалось почти 6,0 млн га, а средняя продуктивность поливного гектара составила 4,4...4,5 тыс. корм.ед. с 1 га. Тогда орошение в таком объеме способствовало решению проблемы обеспечения населения России рисом, овощами, созданию в засушливой зоне достаточно прочной кормовой базы для животноводства даже в неблагоприятные по условиям увлажнения годы.

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года для достижения национальной безопасности, в том числе продовольственной, определен уровень производства продуктов питания по отношению к 2007 г. Валовой сбор зерна планируется довести до 120-125 млн т. Производство мяса за эти годы планируется увеличить в 1,7 раза, а молока - на 27%. Если же ориентироваться на среднестатистические данные текущего столетия, то показатель фактического годового производства зерна составляет 90 млн т., а в 2008 году - 108 млн т., в 2016 г. - 119 млн т. Тогда с 2017 г. до 2020 г., т.е. за 4 года, объем производства зерна необходимо увеличить на 20-25 млн т, или ежегодно на 4,5-5,0 млн т.

По данным ряда институтов Отделения сельскохозяйственных наук РАН получение с каждого поливного гектара продукции на уровне 7,0-7,5 тыс. корм. ед. в зоне Среднего Поволжья и Юга России в зерно-кормовом севообороте возможно на фоне внесения в среднем за ротацию на 1 га севооборотной площади 195...205 кг д.в. минеральных удобрений при средневзвешенной оросительной норме 3000 м<sup>3</sup>/га и энерговооруженности работников орошаемого земледелия не ниже 44...52 кВт. Обеспеченность полевого орошаемого земледелия в этой зоне денежно-материальными ресурсами при такой продуктивности должна составлять не менее 20...24 тыс руб. на 1 га. Получение более высокой продуктивности, на уровне 12,0...13,5 тыс корм. ед. с 1 га, в тех же условиях связано с увеличением дозы внесения удобрений до 240...265 кг д.в., оросительной нормы – 4100 м<sup>3</sup>/га и энерговооруженности – 80...90 кВт. Потребность в финансировании при этом возрастает до 29,0...31,0 тыс руб. на 1 га

Следовательно, мелиоративное земледелие может стать высокопродуктивным и устойчивым по объему производства сельскохозяйственной продукции сегментом аграрной экономики только при достаточном ресурсном его обеспечении. Ресурсное обеспечение Российской Федерации позволяет увеличить площади как орошаемых, так и осушаемых земель до уровня, необходимого для обеспечения продовольственной безопасности страны.

«Подушка» продовольственной безопасности зерна, как и кормов, гарантированно получаемых с мелиорированных земель, должна быть не менее 30 % общей потребности в них, или в расчете на зерно - 25...28 млн т. Обеспечить такой объем производства зерна в стране возможно получением с осушенных земель 7...9 млн т при условии увеличения денежных средств на материально-техническое и технологическое обеспечение, и 17...19 млн т – с орошаемых. Такое станет возможным при расширении площади поливных угодий до 9...10 млн га, из которых под посевы зерновых и зернобобовых культур, главным образом, кукурузу и сою, будет отводиться не менее 3,5...4,0 млн га. Даже при такой площади орошаемых земель доля их в структуре пашни не достигнет 10%, однако они станут надежным гарантом обеспечения продовольственной независимости страны.

УДК 631.6

## **РАЗВИТИЕ МЕЛИОРАЦИИ И ЕЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ**

**С.М. Шахмалиева**

НПО АзНИИГиМ, г. Баку, Азербайджан

Азербайджан – одна из стран, обладающих самой древней культурой земледелия. Огромное разнообразие земельно-климатических условий явилась причиной развития здесь богарного растительного покрова, которой даёт право говорить, что Азербайджан является одним из центров земледелия. 52,3% территории страны пригодны для сельского хозяйства. Основная часть этой территории, а именно 2,850 млн гектаров, находятся под постоянными культурами

(садами, виноградниками, чайными плантациями), лугами и укосами; 1, 674 млн гектаров используются как пропашные.

Несмотря на то, что орошаемые земли составляют треть (1, 424 млн гектаров) земель пригодных к земледелию, 90% сельхозпродукции производимой в стране, получают именно с них. Примерно более трети орошаемых земель (559 тысяч гектаров) орошаются механически, в том числе 350 тысяч гектаров электрифицированы, 68 тысяч гектаров – дизельными насосными станциями, а 141 тысяч гектаров - субартезианскими скважинами.

Орошаемое земледелие в Азербайджане начало развиваться в первой половине XX века. Если в 1913 году орошалось всего 550 тысяч гектаров земель, то последующие годы за счёт проведённых мелиоративно-строительных работ к 2010 году площадь орошения была доведена 1,424 млн гектаров (рисунок).

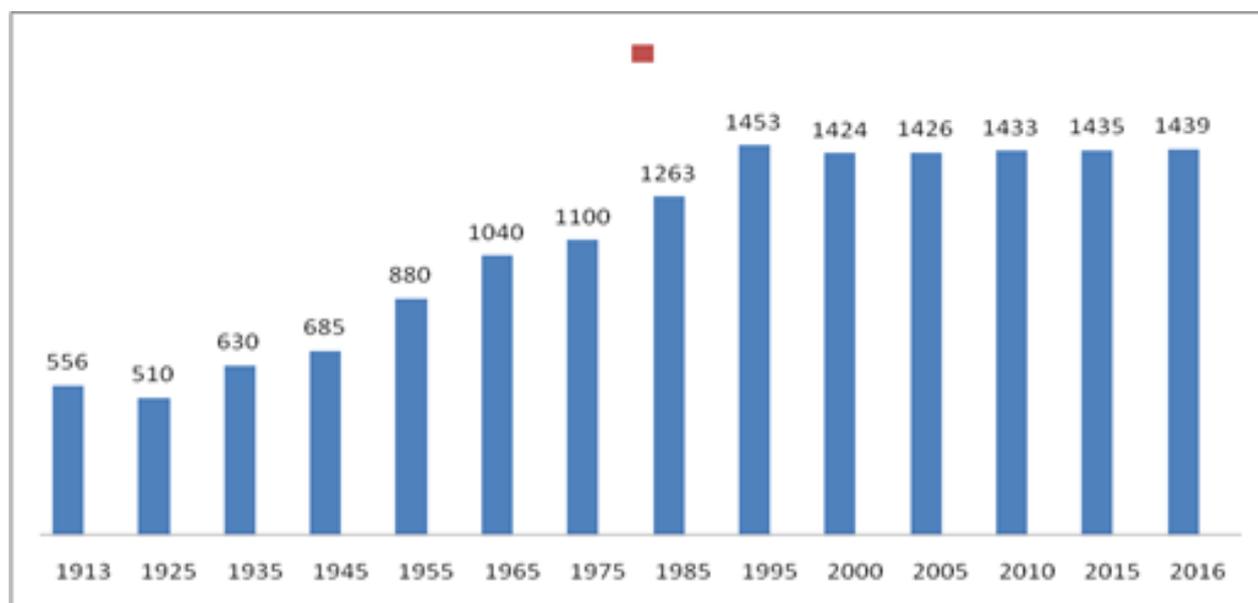


Рисунок – Динамика орошаемых площадей республики Азербайджан

Согласно закона «О земельной реформе» Республики из единого земельного фонда в 8655481 гектаров 4933624 гектара или 53% относятся к государственному фонду, 2025382 гектара - к муниципальному, 1696474 гектара (19,6%)- к частному фонду. В 1997 году 606741 семьям представлены государственные акты. Тем самым 1309854 гектара земель были безвозмездно переданы в частную собственность гражданам страны. Земельные участки, приходящиеся на долю каждого жителя республики варьирует в пределах 0,08-1,26 гектаров. Количество семей, получивших земельные наделы по республике составляет 781118. Использование орошаемых дренированных земель в условиях мелких хозяйств создает большие проблемы с точки зрения использования мелиоративных систем.

В современных условиях важное значение имеет разработка сложных механизмов, устанавливающих права и обязанности водопользователей, взаимодействие оросительно-мелиоративных эксплуатационных организаций и координацию освоение земель. Согласно указу Президента республики Азербайджан от 16 апреля 2014 года «О мерах по совершенствованию управления и

ускорению институциональных преобразований в аграрной сфере» готовится проект закона «О сельскохозяйственной кооперации», который предусматривает экономическое стимулирование объединений фермерских хозяйств в форме крупных сельскохозяйственных учреждений. Известно, что гарантированное снабжение населения продовольственными продуктами возможно на фоне увеличения производительности аграрного сектора, повышения его культурного и экономического развития путём дальнейшей интенсификации и рационализации производства. Проводимые в этой области мелиоративные мероприятия играют решающую роль. Успешно претворяются в жизнь мероприятия в области мелиорации и водного хозяйства, являющиеся составной частью государственной программы по социально-экономическому развитию регионов республики Азербайджан.

Сельское хозяйство – традиционная область производства в стране. Здесь исторически были широко распространены выращивание винограда, зерна, фруктов. Поэтому первоочередная задача в сельском хозяйстве – это рациональное использование водных ресурсов, так как вода является самым дорогостоящим и дефицитным ресурсом. Учитывая, что более одной трети себестоимости продукции, получаемой при орошении, составляют затраты, связанные с подачей воды, то максимальное водосбережение и продуктивное использование воды – основа эффективного ведения орошаемого земледелия.

Водные ресурсы Азербайджана крайне ограничены. Поверхностные водные ресурсы составляют 32, 2 млрд м<sup>3</sup>, но в засушливые воды уменьшаются до 22,6 м<sup>3</sup>. Объём подземных вод составляет 5,2 млрд м<sup>3</sup>. Средний годовой водный дефицит по стране варьирует в пределах 4,5-5 млрд м<sup>3</sup>. 70% поверхностных водных ресурсов формируются за пределами страны. Ежегодно в республике из всех водоисточников забирается в среднем 10-12 млрд м<sup>3</sup> воды, из которых 65-70% используются для нужд сельского хозяйства, 20-25% - для промышленности, а остальная часть идёт на удовлетворение хозяйственных нужд и потребностей в питьевой воде.

Управление, использование и охрана водных ресурсов республики осуществляется Открытым Акционерным Обществом Мелиорации и Водного хозяйства во взаимодействии с соответствующими государственными органами. На территории республики построено 140 водохранилищ, у тридцати из них объём превышает 1 миллион кубометров. Общий объём водохранилищ составляет 22 км<sup>3</sup>. В перспективном плане предусмотрено строительство ещё 16-ти водохранилищ. В последние 10 лет в Азербайджане улучшено водоснабжение 123 тыс. гектаров площадей, на 137 тыс. гектаров улучшено мелиоративное состояние, построено 874 артезианских колодца. Протянуты 1500 км новых оросительных каналов и более 1000 км коллекторно-дренажной сети. Отмеченные выше объекты являются составной частью общего фонда Водного Хозяйства и Мелиорации. Если учесть, что 80-85% производимой в республике сельскохозяйственной продукции получают с орошаемых земель, то становится ясным значение данной отрасли в экономике страны.

В стране проводятся широкомасштабные строительные и восстановительные работы, перестройка инфраструктуры, преобразившие облик благоустроенных районов и городов. Путём умелого использования богатых природных ресурсов страны закладываются новые промышленные участки, с каждым днём повышается уровень жизни населения. Для обеспечения продовольственной безопасности государства создаются современные животноводческие комплексы, агропарки и зерновые хозяйства. Для восстановления плодородия орошаемых земель готовится проект мероприятий по ремонтно-восстановительным работам и переустройству ирригационной и коллекторно-дренажной сети.

В настоящее время надежная продовольственная безопасность является главным условием экономической стабильности и социальной устойчивости. Для надежного обеспечения населения продовольственными товарами государство осуществляет разносторонние меры и претворяет в жизнь крупномасштабные государственные программы, направленные на развитие аграрного сектора, от которого напрямую зависит продовольственная безопасность. В настоящее время надежное обеспечение продовольственными продуктами населения страны является одним из основных направлений экономической политики государства.

Азербайджанское научно-производственное объединение гидротехники и мелиорации основано в 1947 году на базе Азербайджанского филиала Закавказского научно-исследовательского института водного хозяйства, организованного в 1944 году. Приоритетные направления научных исследований: разработка методов и способов регулирования водно-солевого режима почвогрунтов в аридной зоне; создание новых и совершенствование существующих конструкций и методов расчета мелиоративных систем, позволяющих управлять водно-солевым режимом почвогрунтов, рациональное использование водных и земельных ресурсов; разработка рациональной технологии мелиоративного строительства, прогрессивных методов эксплуатации гидромелиоративных систем, водохозяйственных комплексов и механизации работ; разработка научных основ и интенсивного использования мелиорированных почв условиях орошаемого земледелия и др.

Институт за период своего существования вырос в крупное научно-исследовательское учреждение, в котором работает около 290 человек, из них докторов 11, кандидатов наук 56 человек. Институт имеет в своем составе 17 научных подразделений – лаборатории гидротехнических сооружений, мелиорации, дренажа, орошения, эксплуатации, экономики, грунтоведения, экологии и секторы. Одновременно с ростом института росла и развивалась его опытная сеть и экспедиционные исследования, которые охватывают основные природно-хозяйственные зоны республики. Разработки проходят производственные испытания и в подсобно-экспериментальных хозяйствах, имеющих на всех трех опытных станциях. В настоящее время институт проводит научно-исследовательские работы по 12 темам.

УДК 556.3; 556.5

## **ВОПРОСЫ ПРИОРИТЕТА ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РЕГИОНОВ**

**Б.М. Кизяев, С.Д. Исаева**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Гарантированное водообеспечение населения и экономики является одним из приоритетных направлений развития водохозяйственного комплекса страны и основным условием реализации устойчивого социально-экономического развития регионов Российской Федерации. Управление водными ресурсами осуществляется исходя из трех основных программных документов: «Водный кодекс Российской Федерации», «Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года», ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах». В рамках ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» реализуется основной объем мероприятий в сфере использования и охраны водных ресурсов.

Водопользование в России осуществляется в подавляющей степени за счет забора пресной воды. Структура водозабора и водопользования в последние 10–15 лет практически не изменилась: примерно 80% в многолетнем разрезе изымается из поверхностных водных источников и 12-13% - из подземных; морские воды составляют 8%. Из общего объема водных ресурсов на производственные нужды использовано порядка 60%, на хозяйственно-питьевые – 16%, на орошение - 13%, сельскохозяйственное водоснабжение - 0,5%, прочие нужды – 10% [1]. На одного жителя России в среднем приходится около 27,3 тыс.м<sup>3</sup> воды в год. При этом, из-за неравномерного распределения водных ресурсов по территории эта величина изменяется от 297 тыс.м<sup>3</sup> в Дальневосточном регионе до 3 и менее тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год на европейской части России. Это ниже, чем удельная водообеспеченность на 1 жителя в европейских странах (4,9 тыс.м<sup>3</sup>) и значительно ниже среднего мирового показателя (12,6 тыс.м<sup>3</sup>).

Основные общесистемные проблемы, существующие в водохозяйственном комплексе страны характерны и для сектора хозяйственно-питьевого водоснабжения. Проблемы связаны с ухудшением на протяжении ряда лет технического состояния производственных фондов, в том числе водораспределительных систем, несовершенством законодательного, нормативно-правового, нормативно-методического обеспечения, большой антропогенной нагрузкой на водные объекты, что определяет загрязнение и истощение водных ресурсов, с нерациональным их использованием и другие.

Требования к качеству питьевой воды для обеспечения населения определены комплексом нормативных документов [2-4 и др.]. Качество воды нормируется по органолептическим, химическим показателям, микробиологическим,

паразитологическим, ограничивается возможное содержание пестицидов, определяется радиационная безопасность питьевой воды. Требования к предельно допустимым концентрациям (ПДК) веществ в питьевой воде в России учитывают рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), а по ряду показателей отличаются от них в сторону ужесточения требований, например, по содержанию хлоридов, сульфатов, марганца, кадмия и др.

В то же время, по данным Государственного доклада о санитарно-эпидемиологической ситуации в РФ в 2015 г. [5] состояние подземных и, особенно, поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения и качество воды в местах водозабора, как и в предшествующие годы, продолжают оставаться неудовлетворительными. Сельское население в большей мере, чем городское, использует питьевую воду из источников нецентрализованного водоснабжения. Доля сельского населения, обеспеченного питьевой нормативного качества, составляет 77,16% (городского 95,4%) [5]. При этом удельный вес населения, обеспеченного доброкачественной и условно доброкачественной водой в сельских населенных пунктах существенно варьирует по административным областям. Например, в Краснодарском крае эта величина составляет 92,48 % (за счет преимущественного обеспечения подземными водами), в Московской области – 72,3%, Ростовской – 72,01%, Саратовской – 58,9%, Владимирской – 54,4%, Курганской – 41,15%, в Вологодской – 20,1%.

В последние десятилетия в связи с интенсивной техногенной нагрузкой на подземные воды, в условиях общего неудовлетворительного состояния водохозяйственных систем, качество не только грунтовых вод, но и глубоких подземных горизонтов также далеко не всегда отвечает предъявляемым требованиям. Загрязняющими подземные воды техногенными веществами преимущественно являются соединения азота (нитраты, нитриты, аммиак или аммоний) и нефтепродукты. С сельскохозяйственной деятельностью связано 15% загрязнений [6]. В целом по Российской Федерации в 2015 г. не соответствовало санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам 15,3% подземных (в 2010 г. – 16,4%) и 33,9% поверхностных источников питьевого водоснабжения (в 2010 г. – 36,8%).

Большое значение для обеспечения благоприятного качества подземных вод имеет соблюдение зон санитарной охраны источника водоснабжения. Это условие часто нарушается недропользователями и требует постоянного контроля. Организация зон санитарной охраны стала особенно трудной в связи с частной собственностью на землю. В 2015 г. доля подземных водоисточников, не имеющих ЗСО, составила 11,5%, поверхностных – 28,7% [5]. Значительное количество водозаборов с точки зрения законодательства в настоящее время являются бесхозными и могут способствовать проникновению загрязнений в подземные воды. Техническое состояние скважинного хозяйства неудовлетворительное из-за длительного (более 17-25 лет) срока эксплуатации. Нормализацию ситуацию с питьевым водоснабжением при загрязнении водных ресурсов необходимо начинать с широкого внедрения в сельскохозяйственное водоснабжение оборудования по водоподготовке, прежде всего, в социальных

учреждениях. Это также важно, если принять во внимание широкое развитие на территории страны зон аномального химического состава подземных вод, что связано с составом водовмещающих пород и процессами ионного обмена в системе "вода-порода". По этой причине не обеспечен кондиционными пресными подземными водами в необходимых объемах ряд регионов России, в том числе в Новгородской, Ярославской, Астраханской, Волгоградской областях, большая часть Ростовской области, Ставропольского края, Республика Калмыкия и др. Подтягиванием минерализованных и морских вод осложнено использование подземных вод для водоснабжения в республике Крым [7,8].

Недостаточные объемы водных ресурсов и несоответствие их качества требованиям к питьевым водам обусловили наличие вододефицита в ряде регионов России. К таким регионам, как известно, относятся Республика Калмыкия, Белгородская и Курская области, Ставропольский край, отдельные районы Южного Урала и юга Сибири, территории Саратовской и Астраханской областей, частично Волгоградская и Оренбургская области и территория на Северном Кавказе. По экспертной оценке водные ресурсы большинства рек Европейской части территории страны – Дона, Кубани, Самура, Волги, Урала и других – практически полностью исчерпаны, а таких рек, как Сулак, Терек, в Азиатской части – Иртыш, – освоены на три четверти и более. В наименее водообеспеченных регионах речной сток характеризуется наибольшей многолетней вариацией. Поэтому в отдельные годы сток может уменьшаться на 60%. Так в 2015 г. речной сток в Южном федеральном округе сократился на 17,2% относительно среднемноголетней величины, в Приволжском – на 6,7%, в Центральном – на 35,4%. При этом сток р. Волга снизился на 16,7%, р. Кубань – на 29,2%, а р. Дон – на 52,5 % [1]. Всего в районах возникновения локальных вододефицитов проживает порядка 6,3 млн. человек. Фактические объемы водных ресурсов меньше текущих социально-экономических потребностей в воде в Астраханской, Ростовской, Челябинской, Оренбургской областях, в Ставропольском и Краснодарском крае, в Республиках Крым, Калмыкия [7]. Проблема увеличивается в связи с климатическими изменениями, аридизацией климата на юге европейской части России и Западной Сибири.

Для нормализации ситуации в вододефицитных районах необходим поиск дополнительных источников водоснабжения. Отправной точкой должно стать всестороннее интегральное обоснование потребностей в водных ресурсах в вододефицитных регионах России с учетом их социально-экономического развития, глобальных изменений климата на перспективу до 2050 г. и далее, и с преференцией хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Поиск источников дополнительных водных ресурсов необходимо вести в разных направлениях. Один из основных - водосбережение, рациональное использование имеющейся воды, совершенствование систем водоподдачи и водоотведения, мелиоративных систем, на долю которых приходится до 90% от суммарных потерь воды, переход на замкнутые циклы водопользования, переход на закрытые трубопроводы для подачи питьевой воды, разделение водоподдачи питьевых вод и технических и другие.

Перспективно использование поверхностных вод в комплексе с подземными. Несомненно, что приоритетным использованием подземных вод питьевого качества является водоснабжение населения, в остальных случаях вода может использоваться и в технологических целях (вода техническая). По экспертной оценке водообеспеченности сельского хозяйства в Российской Федерации водными ресурсами, выполненной во ВНИИГиМ [10], предположительно к 2020г. общая потребность агропромышленного комплекса в водных ресурсах составит до 40 км<sup>3</sup> в год. При этом с учетом прогнозируемой динамики сельского населения и действующих норм водопотребления, общая потребность в воде для хозяйственно-питьевого водоснабжения составит 2,8 км<sup>3</sup>/год, из которых 2,4 км<sup>3</sup>/год может быть обеспечено подземными водами. Однако степень освоения запасов в среднем по стране не превышает 15%. В этом плане необходима интенсификация работ по оценке запасов подземных вод в регионах для обеспечения хозяйственно-питьевого водоснабжения, переоценка ранее утвержденных запасов, где истек срок их лицензирования, переход к добыче подземных вод только на лицензионной основе для исключения опасности истощения и другие.

Опреснение минерализованных, морских вод является стратегическим направлением развития водообеспечения во многих странах мира. Самые мощные опреснительные установки расположены в странах Ближнего Востока [12]. За счет опреснения воды осуществляется все водоснабжение Кувейта (порядка 2,1 млн.м<sup>3</sup>/сут), интенсивно используются такие установки в Саудовской Аравии (более 7,4млн. м<sup>3</sup>/сут), на долю которой приходится 18% всей опресненной воды в мире, в Объединенных Арабских Эмиратах (7,3 млн. м<sup>3</sup>/сут) а также в Испании (3,4 млн. м<sup>3</sup>/сут), Алжире (1,1 млн. м<sup>3</sup>/сут), Израиле, где опресненная вода покрывает 10% годового потребления пресной воды, и в других странах. Рынок технологий опреснения морской воды в России активно развивается, индивидуальные опреснительные установки уже находят свое применение и в Крыму. Недостатком процесса опреснения является большое потребление электроэнергии и, преимущественно поэтому, высокая себестоимость получаемой воды. Самая низкая в мире стоимость опресненной воды - в Израиле, где она составляет 0,5 \$ США за 1 м<sup>3</sup> [8].

Среди путей решения проблемы водообеспечения регионов при дефиците водных ресурсов питьевого качества должно быть рассмотрено и рациональное перераспределение речного стока. Общий объем существующих и предлагаемых перебросок в мире составляет примерно 595 млрд. м<sup>3</sup>/год в 35 странах мира. В Республике Калмыкия 98% водных ресурсов уже поступают с сопредельных территорий: Ставропольского края, Волгоградской и Астраханской областей. Обоснование перераспределения части стока северных рек, если иных источников ресурсов недостаточно, обязательно базируется на экосистемном подходе, предполагающем, прежде всего, обеспечение экологической устойчивости речного бассейна исходя из обоснования величины допустимого объема изъятия стока рек-доноров. Для сохранения водных ресурсов, гидрологического режима, гидрохимических, гидробиологических условий реки-донора, необхо-

можно определить баланс между водохозяйственными потребностями и природоохранными ограничениями.

Работы, выполненные во ВНИИГиМ показали, что экологически безопасным для речного стока можно считать его отбор и использование в объеме, не превышающем 25-30% от средней многолетней величины [11]. С такой нагрузкой геосистема речного бассейна справится за счет восстановления стока в многоводные годы в течение 60-80 -летнего цикла колебаний речного стока. Важное значение имеет обоснование технических решений, связанных с транспортировкой воды для предотвращения непроизводительных потерь и экологических ущербов окружающей среде. В обязательных для принятия решений моделях управления водными ресурсами речных бассейнов прогнозы динамики всех затрагиваемых компонентов природной среды, изменений экологических условий комплексуются с прогнозами социальных подвижек, развития промышленности, лесного, сельского хозяйства, рыбоводства. Оцениваются возможные экологические, социальные, экономические риски и ущербы и позитивные изменения в экологических, социальных, экономических условиях регионов при интенсификации использования водных ресурсов. Здесь важная роль принадлежит научно-исследовательским работам.

Прогнозы необходимо основывать на сценарных исследованиях на основе достоверной и полной исходной информации. Соответственно, актуальной проблемой является совершенствование системы экологического мониторинга, прежде всего, развитие и модернизация наблюдательной сети для комплексных наблюдений за водохозяйственными системами, водными объектами, окружающей средой. Во всех случаях необходимо усиление научного обоснования использования водных ресурсов применительно к конкретным условиям каждого речного бассейна и привлечения научной общественности на всех этапах определения путей решения проблемы, сопряженных с ней задач охраны окружающей среды, социальных и экономических. Сейчас, к сожалению, финансирование НИР в рамках ФЦП по развитию водохозяйственного комплекса сокращается.

С целью повышения эффективности управления водохозяйственной деятельностью и решения накопившихся проблем представляется необходимым обязательное обеспечение органов управления всех уровней специалистами водохозяйственного профиля, разбирающихся в проблемах водного хозяйства и способных в принятию системных решений по их преодолению. Об этом говорилось на водных форумах, прошедших в последнее время, в частности, на симпозиуме Чистая вода России в апреле с.г., за круглым столом «Состояние проблемы и перспективы государственного управления режимом Нижней Волги» и других.

Важное значение имеет совершенствование организационно-экономического механизма управления водопользованием, которое возможно на основе учета экономической оценки водных ресурсов в системе платности водопользования.

Недостаточность финансового обеспечения тормозит реализацию ФЦП по развитию водохозяйственного комплекса страны. Объективное выделение приоритетных объектов вложения средств вызывает затруднения. Необходимо не только обоснование фактически требуемого объема финансирования для комплексного восстановления водохозяйственных систем в рамках речных бассейнов, но и его последующее его обеспечение. Представляется весьма важным для определения принципиальных направлений развития водного хозяйства страны и ее регионов вновь вернуться к разработке Генеральных схем комплексного использования и охраны вод для страны в целом на основе разрабатываемых бассейновых схем (СКИОВО).

Необходимо совершенствование административно-правовых и экономических методов государственного регулирования водопользованием. Один из вариантов получения дополнительных финансовых средств на совершенствование в том числе систем питьевого водоснабжения - изменение экономических основ формирования цен и платежей за использование водных ресурсов и загрязнение окружающей среды, преодоление обезличивания выплат при их поступлении в бюджет и переход на их адресную направленность в водное хозяйство. В настоящее время доля водного налога в себестоимости продукции практически у всех водопользователей составляет менее 0,01%. Исключение - некоторые гидроэлектростанции, где этот показатель колеблется от 0,1 до 1% при общемировом нормативном показателе, превышающем 3%. Поступления от водного налога оторваны от средств, направляемых государством в водное хозяйство. Как показывают экономические расчеты, размер платы за пользование водными объектами должен зависеть от рентного дохода предприятия, связанного с использованием водных ресурсов, особенно предприятий гидроэнергетики, а ставки платы должны зависеть от качества и дефицитности водных ресурсов в пределах конкретного водохозяйственного участка и учитывать дополнительный экономический эффект, получаемый предприятием за счет использования воды. Усиление роли бассейновых водных управлений и придание им функций в том числе государственного заказчика по проектам водохозяйственного строительства и текущих мероприятий позволит в значительной мере повысить качество и оперативность управления и использовать средства на развитие водного хозяйства.

Таким образом, как показал анализ, решение проблем хозяйственно-питьевого водоснабжения в условиях усиливающегося дефицита водных ресурсов, с учетом природных условий может быть найдено при использовании поверхностных вод в комплексе с подземными, опреснении морских или подземных минерализованных вод, а также за счет перераспределения части речного стока внутри бассейна, в особых случаях - межбассейнового. Каждое мероприятие предполагает обоснование и реализацию комплекса практических мер. Среди мероприятий по обеспечению сельскохозяйственного водоснабжения питьевой водой в требуемых объемах и нормированного качества можно выделить:

- интегральное обоснование потребностей в водных ресурсах в вододефицитных регионах России;
- водосбережение, рациональное использование имеющейся воды; обеспечение сельскохозяйственного водоснабжения оборудованием для водоподготовки, начиная с социально ориентированных учреждений (больниц, детских садов, школ и пр.);
- развитие рынка технологий опреснения минерализованных и морских вод;
- повышение степени изученности и освоения запасов подземных вод; рациональное перераспределение речного стока;
- использование математических моделей и сценарных исследований при принятии управленческих решений в сфере использования и охраны водных ресурсов;
- совершенствование системы экологического мониторинга;
- усиление научного обоснования использования водных ресурсов в регионах;
- обеспечение системы управления водным хозяйством квалифицированными профильными специалистами;
- совершенствование экономических основ формирования цен и платежей за использование водных ресурсов и загрязнение окружающей среды, преодоление обезличивания выплат при их поступлении в бюджет и переход на их адресную направленность в водное хозяйство.

#### **Список использованных источников**

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году». Информационный ресурс: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1999>
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Информационный ресурс: <http://ozpp.ru/standard/pravila/sanpin214107401/>
3. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Информационный ресурс: <http://www.etch.ru/norma.php?art=4>
4. ГН 2.1.5.2307-07 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Информационный ресурс: <http://nordoc.ru/doc/52-52489>
5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 г.6 Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2016.- 200 с.
6. б. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году" Информационный ресурс: [www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1999](http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1999)
7. Кизяев Б.М. Водообеспеченность Российской Федерации в условиях глобального потепления климата. [Текст]/Б.М. Кизяев, С.Д. Исаева С.Д. // [Текст]/Б.М. Кизяев, С.Д. Исаева С.Д. // Вестник российской академии наук. - 2016.- т.86.- № 10. -С.- 909-914.
8. Кизяев, Б.М. Проблемы водоснабжения на Крымском полуострове и поиск их решения [Текст]/Б.М. Кизяев, С.Д. Исаева С.Д. // Мелиорация и водное хозяйство. -2014.-№3.-С. 2-6
9. Кизяев, Б.М. Водное хозяйство: проблемы и пути их решения. [Текст]/Б.М. Кизяев, С.Д. Исаева // Мелиорация и водное хозяйство. -2015.-№6.-С. 23-27

10. Водная стратегия агропромышленного комплекса России на период до 2020 года. - М.: Изд. ВНИИА, 2009. - 72 с.
11. Парфенова Н.И. Энергия химических связей веществ и ее роль в формировании экологической устойчивости агроландшафтов. М.: Изд. Россельхозакадемия, 2007. 125 с.

УДК 631.6

## **СОВРЕМЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ МЕЛИОРАТИВНО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА**

**Д.В. Козлов**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия

В рамках Федеральной целевой программы "Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы" (с изменениями на 17 мая 2017 года) реализуется комплексный проект "Восстановление и повышение эффективности использования мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, относящихся к государственной собственности Российской Федерации", направленный на создание высокотехнологичного, отвечающего современным требованиям мелиоративного фонда государственной собственности Российской Федерации, обеспечивающего развитие мелиорации и водного хозяйства на территории Российской Федерации.

Одной из трех первоочередных задач государственной программы является обеспечение безаварийного пропуска паводковых вод на объектах мелиоративно-водохозяйственного назначения и повышение пропускной способности каналов и сооружений. Для чего предусмотрено проведение специальных мероприятий, указанных в таблице 1.

Объектами реконструкции и строительства в рамках ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» являются различные гидротехнические сооружения: плотины, дамбы, водозаборы, шлюзы-регуляторы, водоприемники, насосные станции, а проекты реконструкции реализуются как для небольших грунтовых плотин в Московской области и межхозяйственных водоприемников в Смоленской области, так и для крупных насосных станций оросительных систем и водохозяйственных сооружений на Донском магистральном и Большом Ставропольском каналах.

Многообразие реконструируемых гидротехнических сооружений определяет разнообразие направлений отраслевого проектирования, в том числе проектирование гидротехнических сооружений, габионных конструкций, насосных станций, систем орошения и дренажа, водоснабжения и водостока, очистных сооружений и систем, ландшафтное проектирование, выполнение раздела проекта «Охрана окружающей среды и ОВОС».

Таблица 1 - Мероприятия по обеспечению безаварийного пропуска паводковых вод на объектах мелиоративного назначения и повышению пропускной способности ГТС

<b>Комплексный проект «Восстановление и повышение эффективности использования мелиоративных систем и отдельно расположенных ГТС, относящихся к государственной собственности РФ»</b>					
<b>Задача 1.</b> Восстановление мелиоративного фонда (мелиорируемых земель и мелиоративных систем), включая реализацию мер по орошению и осушению земель		<b>Задача 2.</b> Обеспечение безаварийности пропуска паводковых вод на объектах мелиоративного назначения, повышение пропускной способности каналов и сооружений		<b>Задача 3.</b> Техническое оснащение подведомственных Минсельхозу РФ ФГБУ в области мелиорации	
2.1. Обследование паводкоопасных участков ГТС	2.2. Очистка ГТС (водозаборов, регулирующих сооружений и др.)	2.3. Повышение надежности ГТС (водонаправляющие и защитные дамбы, оголовки, затворы и др.)	2.4. Ревизия и наладка электромеханических устройств	2.5. Расчистка мелиоративных каналов	2.6. Предотвращение ледовых заторов

Поэтому современному инженеру-проектировщику приходится решать задачи, требующие исследовательского подхода, когда изменение конструкции сооружения, технологии или материала приводит к изменению других элементов проекта. Такой творческий подход может быть реализован в первую очередь с помощью различных прикладных программ, программных комплексов (ПК) и геоинформационных систем, предназначенных для выполнения комплексных расчетов и привязки сооружений для строительного и эксплуатационного периодов. Примерный перечень программных продуктов современного инженера-проектировщика представлен в таблице 2.

Так, например, комплексные расчеты гидротехнических сооружений могут быть выполнены в ПК PLAXIS. Возможности вычислительных программ ПК PLAXIS разнообразны - от оперативного сопоставления вариантов проекта с учётом различных факторов для нахождения оптимального решения, удовлетворяющего установленным требованиям и критериям проектирования, до выполнения расчётов методом конечных элементов сложных ГТС различного назначения: плотин, каналов, шлюзов-регуляторов, гидротехнических тоннелей, причальных стен и судоходных шлюзов, морских платформ. PLAXIS и другие ПК позволяют с использованием разнообразных приложений выполнять статические расчеты напряженно-деформированного состояния сооружений

(НДС), устойчивости и фильтрации в плоской постановке задачи (программа PLAXIS 2D) и пространственной постановке (PLAXIS 3D) (рис. 1), вести учёт динамических нагрузок (волновых, вибрационных, импульсных, сейсмических) (программа 2D Dynamics) и выполнять расчёты сложных режимов установившейся и не установившейся фильтрации в насыщенных и ненасыщенных водой грунтовых массивах (программа 2D PlaxFlow).

Таблица 2 - Перечень программ и программных комплексов инженера-проектировщика

<b>AutoCAD Civil 3D</b> и продукты <b>Autodesk (Revit,</b> <b>3DSMAX)</b> и подгружаемые модули	<b>Проектирование объектов различной инфраструктуры и выпуска документации по ним</b>
<b>Фундамент Foundation 13</b>	Специальная программа для расчета подземных конструкций - выполняет расчеты конструкций, работающих в грунте.
<b>ЛИРА-САПР</b>	Программный комплекс является современным инструментом для численного исследования прочности и устойчивости конструкций и их автоматизированного проектирования.
<b>МОНОМАХ- САПР</b>	Программный комплекс для автоматизированного проектирования железобетонных конструкций многоэтажных каркасных зданий с выдачей эскизов рабочих чертежей.
<b>GEO5</b>	Комплекс автономных программ, который позволяет решать большинство геотехнических задач.
<b>SCAD Office</b>	Включает комплекс программ, например, такие как: вычислительный комплекс для прочностного анализа конструкций методом конечных элементов, расчет элементов стальных конструкций по СНиП, подбор арматуры и экспертиза элементов железобетонных конструкций
<b>Tekla Structures</b>	4-х мерная система премиум-класса, предназначенная для 3-х мерного моделирования, как простых, так и сложнейших сооружений из разнообразных материалов и управления строительной информацией.
<b>STAAD.Pro</b>	Представляет собой полностью интегрированный комплекс для расчета, анализа и проектирования строительных конструкций, зданий и сооружений.
<b>CREDO</b>	Комплекс состоит из более, чем 40 программных продуктов, при помощи которых возможно проектирование промышленных объектов, гражданских зданий, гидротехнических и транспортных объектов
<b>Топоматик Robur</b>	Комплекс предназначен для проектирования дорог и городских улиц
<b>SketchUp</b>	Функциональный редактор для создания 3D моделей и визуализации
<b>QGIS</b>	Кроссплатформенная геоинформационная система

Для климатических условий России актуальным является решение вопросов, связанных с проектированием ГТС в северной строительной-климатической зоне, например, расчет температурного режима грунтовых плотин или дамб обвалования. Прогноз температурного режима может быть осуществлен решени-

ем нестационарной задачи теплопроводности (уравнение Фурье) методом конечных элементов с использованием программы «ABAQUS». На рисунке 2 представлено расчетное температурное поле в теле проектируемой каменно-набросной плотины с асфальтобетонной диафрагмой Канкунского гидроузла на р. Тимптон в Якутии через 90 лет эксплуатации (установившийся температурный режим).

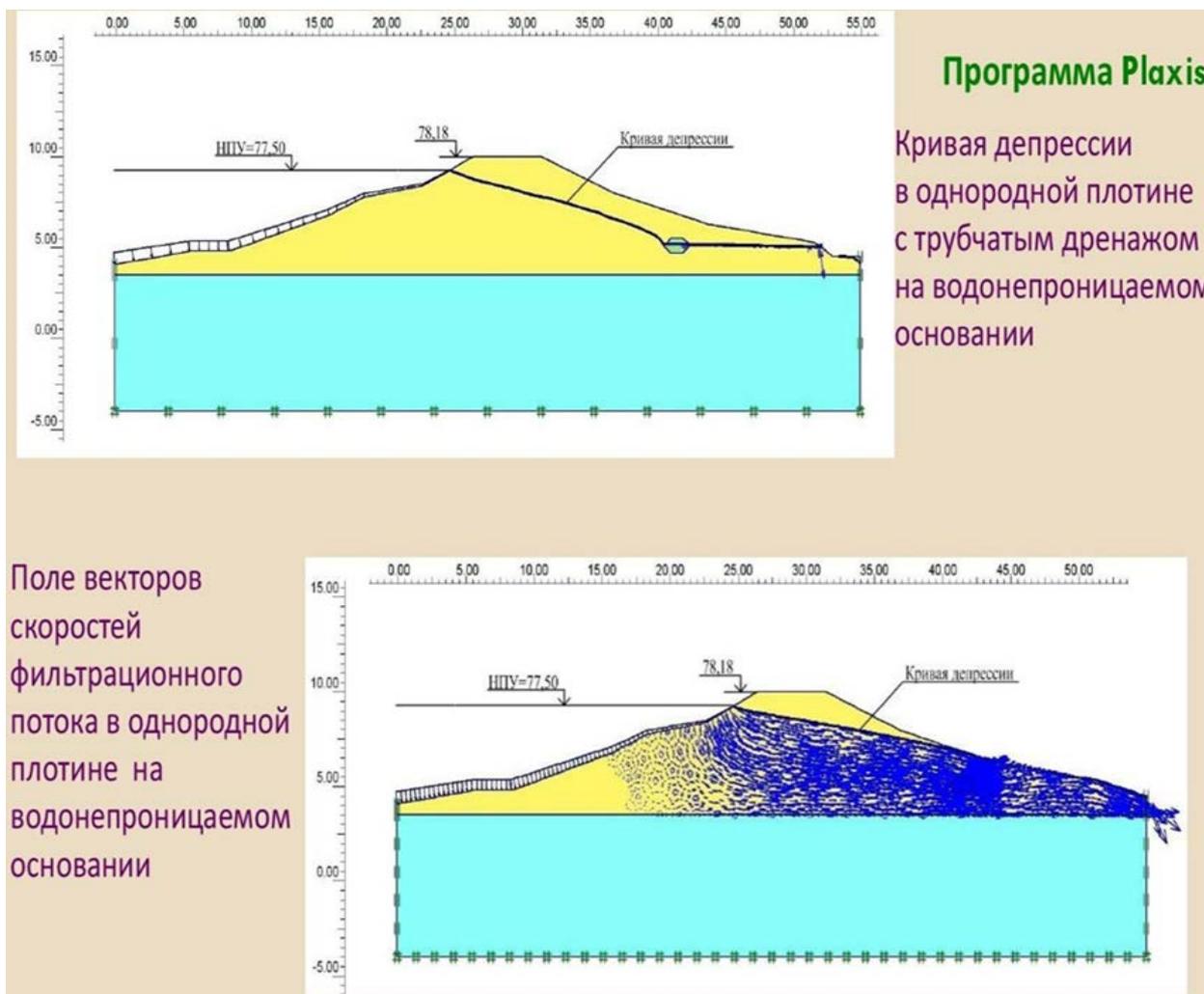


Рисунок 1 - Результаты фильтрационных расчетов, выполненных в ПК PLAXIS

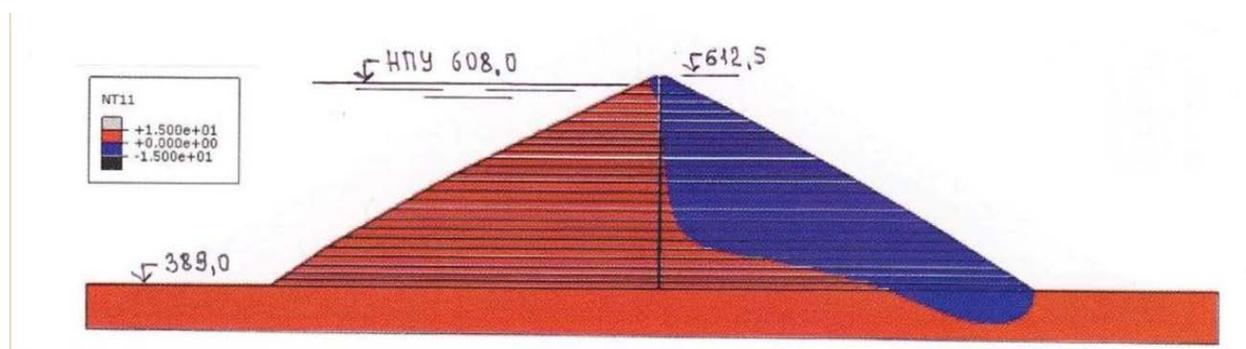


Рисунок 2 - Расчетное температурное поле в теле каменно-набросной плотины с асфальтобетонной диафрагмой

Интересен современный опыт внедрения ПК AutoCAD Civil 3D и Autodesk Revit Structure в проектирование гидротехнических сооружений и водохозяйственных объектов. Так, например, программа AutoCAD Civil 3D позволяет создать трёхмерную топографическую основу и получить 3D-модели существующего рельефа и графического отображения положения гидротехнических объектов для последующей разработки проектной документации. Результат проектной работы в ПК 3D-генплан состоит в синтезе двумерного генплана и трёхмерных моделей всех объектов, вписанных в географический ландшафт. Результат совместной работы программ Revit Structure и AutoCAD Civil 3D представлен на рисунке 3.

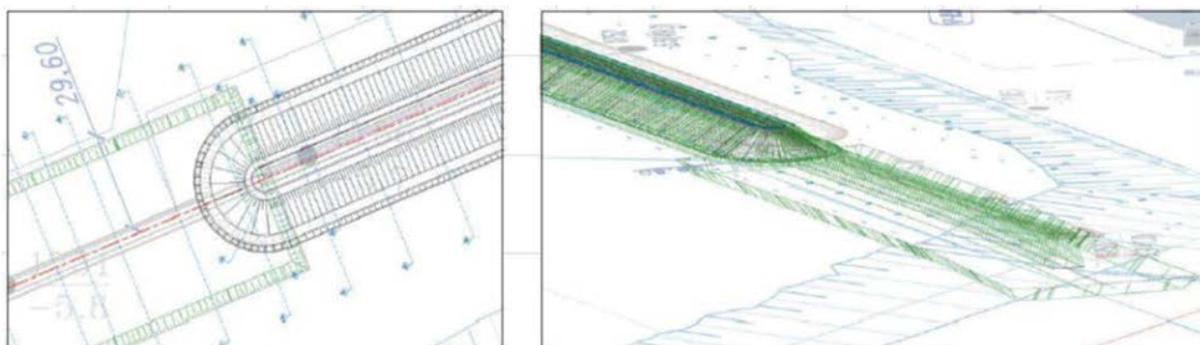


Рисунок 3 - Конструкция оградительного мола, выполненная в Revit Structure (результат совместной работы в Revit Structure и AutoCAD Civil 3D)

Уникальность и повышенная ответственность гидротехнических сооружений предъявляют высокие требования к надёжности и долговечности их конструкции и используемым материалам. При этом выбор конструктивных решений, технологий и материалов должен быть обоснован соответствующими достоверными расчётами. Важным и взаимосвязанным с результатами проектирования ГТС является вопрос безопасной эксплуатации построенных сооружений и объектов мелиоративно-водохозяйственного комплекса.

По состоянию на 2015 год согласно информации, приведенной в Государственном докладе «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году», в Российской Федерации насчитывается более 65000 единиц ГТС, в том числе: 29964 ГТС поднадзорных Ростехнадзору, из которых 568 ГТС относится к топливно-энергетическому комплексу, 844 ГТС работают в составе объектов промышленности, 28552 ГТС обеспечивают устойчивое функционирование мелиоративно-водохозяйственного комплекса страны, из них 3496 бесхозяйных ГТС. Примерно 96,3% ГТС относится к сооружениям IV класса.

Как по данным российских специалистов, так и по информации Бюро Мелиорации США, с 1970 по 1997 гг. в результате прорывов небольших плотин, например, в США количество пострадавших составило 87%. Т.е. риск прорывов небольших, низконапорных плотин значительно выше риска прорыва крупных, технологично спроектированных гидротехнических сооружений.

Причем, плотина небольших размеров с огромным объемом водохранилища может быть куда опаснее большой плотины с маленьким объемом водохранилища. Следовательно, требования к проектированию и эксплуатации ГТС должны меняться соответственно размеру плотин и объему водохранилищ. Это важно понимать и учитывать в современной практике проектирования гидротехнических сооружений на водных объектах.

УДК 631.6

## **ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

**Л.В. Кирейчева**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Необходимость развития сельскохозяйственных мелиораций в России определяется не только потребностью страны, но и мировыми тенденциями, связанными с ростом населения планеты и грозящим голодом. Россия по своему природному потенциалу одна из мировых стран, которая может не только обеспечить себя полностью качественными продуктами питания, но и экспортировать их в значительном количестве в другие страны. Важнейшее направление в осуществлении этой задачи - восстановление и дальнейшее развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения как основного фактора интенсификации и устойчивости производства растениеводческой продукции в России. Для решения этой задачи площадь мелиорированных земель должна быть не менее 13,3 млн. га, что составляет примерно 9% от площади пашни или 7% от всех сельхозугодий, в том числе орошаемые земли - 4913,0 тыс. га, осушенные - 5393,0 тыс. га, культуртехнические и прочие мероприятия - 3000 тыс. га при средневзвешенной по стране продуктивности: орошаемого гектара не менее 6,5 т к.е./га, осушаемого гектара - 4,7 т к.е./га. Все это требует пересмотра стратегии мелиоративной деятельности в сторону нового строительства совершенных мелиоративных систем и применения инновационных технологий.

Еще в начале прошлого века А.Н. Костяков четко понимал, что «потребность в мелиорациях – улучшениях природных условий – определяется, прежде всего, хозяйственными потребностями человека, характером производственных отношений людей, уровнем развития производительных сил в данной стране». А.Н. Костяков выделил 2 главных принципа развития мелиораций: «потребность отдельных районов в сельскохозяйственных мелиорациях и возможность осуществления мелиораций». При разработке концепции развития мелиорации в СССР А.Н. Костяков по степени увлажнения всю территорию Европейской части страны условно разделил на 3 области: избыточного, неустойчивого и недостаточного увлажнения. Он писал: «мелиорации необходимы, чтобы обеспечить устойчивость существующего сельского хозяйства в годы неблагоприятного сочетания природных условий, а в период неурожаев застраховать эти хозяйства только на части всей площади устойчивого мелиоративного клина» [5].

Учитывая, что основная роль мелиорации сводится к повышению природно-ресурсного потенциала за счет улучшения водно-воздушного, теплового, питательного и других режимов почв, то для обоснования потребности в проведении мелиорации недостаточно оценивать только увлажненность территории, необходимо говорить, как минимум, о двух факторах: тепло и осадки, а также о степени их соразмерности. При этом следует учитывать, что количество излучаемого тепла зависит не только от интенсивности излучения, но и от того как это тепло трансформируется в энергию почвы. Нами выполнен анализ агроклиматических показателей, который показал, что существующие методы оценки тепло-влагообеспеченности не носят универсальный характер (таблица 1).

Таблица 1 – Агроклиматические показатели

Автор	Вид формулы	Условные обозначения к формулам
Коэффициент увлажнения по Н.Н. Иванову	$K_u = O_c / E$	$O_c$ - сумма осадков вегетационного периода в мм $E$ -испаряемость, мм
Индекс сухости по М.И. Будыко	$\bar{R} = \frac{R}{L O_c}$	$R$ - годовой радиационный баланс подстилающей поверхности; $L$ - скрытая теплота парообразования, величина постоянная, равная 2,256 КДж/см <sup>2</sup>
Гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянинову	$GTK = O_c / (T_o)$	где $O_c$ - сумма осадков за период с температурой воздуха выше +5.С; $T_o$ - сумма суточных температур за этот же период
Коэффициент атмосферного увлажнения по Д.И. Шашко	$K = O_{cz} / \Sigma d$	$O_{cz}$ – сумма осадков за год; $\Sigma d$ – сумма дефицитов влажности воздуха за период вегетации
Коэффициент увлажнения по В.А. Панько	$K_u = O_c / e T_o,$	$T_o$ – сумма среднесуточных положительных температур (выше 0° С); $e$ - эмпирический коэффициент 0,177, с помощью которого значение тепловой энергии переводится в испаряемость (градусы тепла в мм транспирации)
Индекс увлажненности территории	$I = U_{est} / ET_p$	$U_{est}$ - фактическая климатическая увлажненность вегетационного периода, мм; $ET_p$ – потенциальная эвапотранспирация, мм

Следовательно, при характеристике климатических условий зон неравномерно использовать только степень увлажнения, необходимо указывать количество получаемого тепла и его трансформация в энергию почвы, а также такой

показатель как отношение количества выпадающих осадков к потенциальной эвапотранспирации.

Используя карту продукционного потенциала, районирования по гидро-термическому коэффициенту Селянинова (ГТК), можно выделить области, в которых возникает необходимость и возможность проведения водных мелиораций для повышения природно-ресурсного потенциала сельскохозяйственных угодий (рис.1).



Рисунок 1- Зонирование Европейской части России для обоснования гидромелиоративных мероприятий

На карте продукционного потенциала выделены области: гумидная (переувлажненная), семигумидная (полувлажная, что типично для лесостепей), семиаридная (полусухая с атмосферными осадками, не обеспечивающими водопотребление сельскохозяйственных культур в полном объеме, что характерно для степей) и аридная (климат с недостаточным увлажнением, где испарение преобладает над осадками). Сопоставляя карты для европейской части видим, что нижняя граница семиаридной зоны практически совпадает с границей зоны недостаточного увлажнения по А.Н. Костякову, а верхняя граница проходит севернее, что возможно определяется более детальным подходом к обоснованию агроклиматических показателей, так и возможным изменением климата и техническими достижениями в области мелиорации.

Наиболее сложной в выборе гидромелиоративных мероприятий является зона с семигумидным и семиаридным климатом неустойчивого и недостаточного увлажнения, где возникает необходимость в проведении как осушительных, так и оросительных мелиораций. Для оценки вероятности проведения в этой зоне необходимых водных мелиораций разработана методология учета

влагообеспеченности территории и потребности растений в продуктивных влагозапасах почвы [2]. Для этого используются модели агроклиматического зонирования продуктивности, модель Шабанова В.В. изменения урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от продуктивных влагозапасов по фазам их развития в зависимости от коэффициентов тепло- и влагообеспеченности [8], а также модели водного режима почвы. Это позволяет прогнозировать вероятность необходимости развития оросительных и осушительных мелиораций в зависимости от изменения влагообеспеченности территории, вида сельскохозяйственной культуры и при климатических изменениях. Указанный подход позволяет подойти к обоснованию целесообразности проведения гидромелиоративных мероприятий в зонах с различным типом климата.

Учитывая основную роль мелиорации, как повышение продукционного потенциала сельскохозяйственных угодий, для установления потребности в проведении комплексных мелиорациях важно определить энергетический ресурс почвы, что позволит оценить потребность в проведении так называемых «сухих» мелиораций. Для этого предложен показатель (коэффициент) энергетического ресурса почв ( $K_{ЭР}$ ), который может быть представлен следующим образом [3]:

$$K_{ЭР} = \left( 1 - \frac{R - R_P}{R_P} \right) \cdot \frac{\Gamma_{\phi}}{\Gamma_{max}} \cdot \exp \left( - \frac{|\Delta pH|}{\sqrt[3]{N \cdot P \cdot K \cdot (C_{зк} / C_{фк})}} \right) \quad (1)$$

где:  $R$  – фактический радиационный баланс, кДж/см<sup>2</sup>;  $R_P$  – радиационный баланс в условиях, необходимых для достижения экологически обоснованной (биологической) продуктивности, кДж/см<sup>2</sup>;  $\Gamma_{\phi}$  – фактическое содержание гумуса в почве, %;  $\Gamma_{max}$  – максимальное содержание гумуса в почве, характерное для данных почвенно-климатических условий, %;  $\Delta pH$  – отклонение значения рН от оптимального значения для данных почвенно-климатических условий;  $N, P, K$  – содержание элементов минерального питания, в долях от максимального значения доступных форм для данных условий;  $C_{зк}/C_{фк}$  – отношение содержания гуминовых кислот к фульвокислотам. Коэффициент энергетического состояния почв изменяется от 1 до 0, чем выше его значение, тем больше энергетический ресурс почвы.

Выполненные расчеты для основных типов зональных почв показали, что наибольшим энергетическим ресурсом обладают почвы черноземного типа, коэффициент энергетического ресурса в естественных условиях для черноземов обыкновенных приближается к 1, наименьшим - дерново-подзолистые и бурые полупустынные почвы  $K_{ЭР} = 0,154-0,142$ . Реализация комплексной мелиораций позволяет практически на всех почвах повысить энергетическое состояние почв.

Для этого нами рассмотрены составляющие энергетического баланса [4,7]:

$$dU = R + M + \sum_{i=1}^{i=n} M_i \mu_i - (Q_{\Pi} + Q_{\nu} + Q_{\Gamma}), \quad (2)$$

где:  $dU$  - энергетическое состояние почвы;  $R$  - поступление в систему лучистой энергии солнца, выраженный через радиационный баланс;  $M$  - величина энергии, которая поступает от антропогенной (в данном случае - мелиоративной) деятельности;  $\sum_{i=1}^{i=n} M_i \mu_i$  - поступление в систему энергии в процессе массообмена ( $M_i$  - масса  $i$  - го компонента;  $\mu_i$  - химический потенциал, характеризующий скорость обмена);  $Q_{\Pi}$  - энергия почвообразования;  $Q_{\nu}$  - энергия, аккумулированная в урожае;  $Q_{\Gamma}$  - энергия, аккумулированная в почвенном гумусе. Все энергетические величины рассматриваются как потоковые величины, и выражаются в международной системе единиц - кДж/см<sup>2</sup>.

Выполненный расчет энергетического состояния почвы сельскохозяйственных угодий, в том числе при проведении на них гидромелиорации показал, что энергетическое состояние почв при проведении сельскохозяйственной деятельности закономерно увеличивается в направлении от гумидной зоны к аридной зоне - от  $35,65 \cdot 10^2$  кДж/га (в дерново-подзолистых почвах) до  $145,14 \cdot 10^2$  кДж/га (в бурых пустынно-степных почвах). При проведении гидромелиораций происходит увеличение энергетического состояния почв - от  $78,96 \cdot 10^2$  кДж/га (в дерново-подзолистых почвах) до  $164,90 \cdot 10^2$  (в бурых пустынно-степных почвах), что указывает на снижение величины рассеянной энергии и более эффективной работы системы в условиях проведения гидротехнических мелиораций (рис. 2).

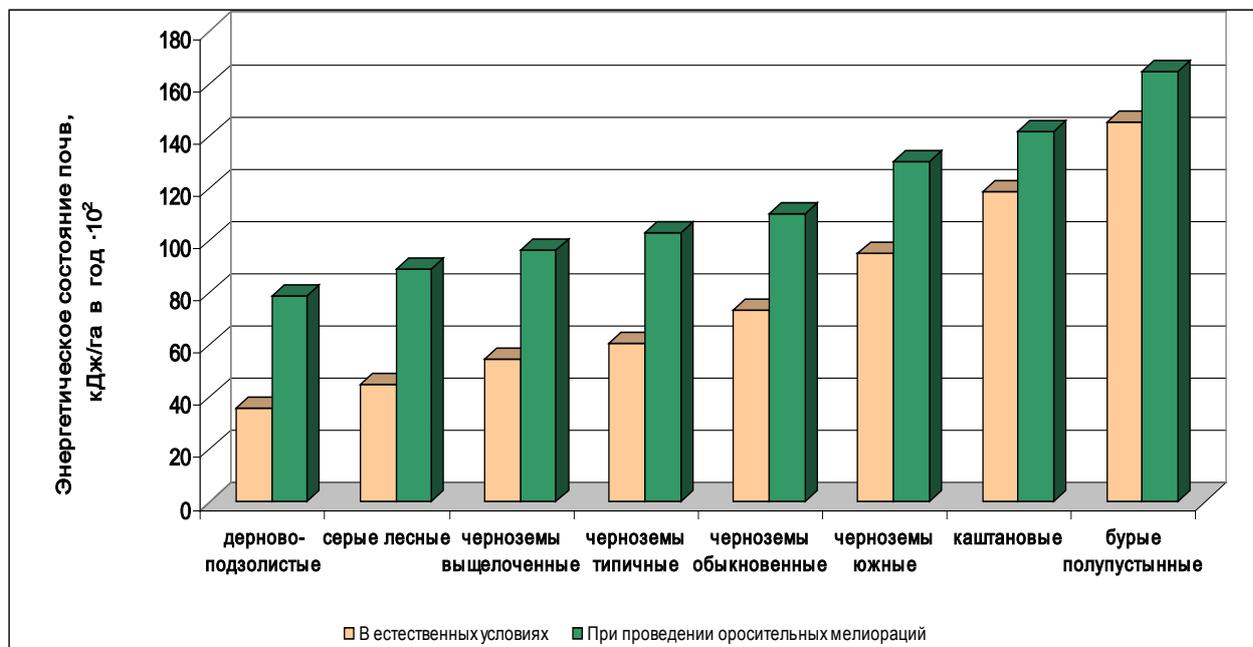


Рисунок 2 - Изменение энергетического состояния почв

Повышение энергетического состояния природного объекта способствует увеличению продукционного потенциала. При проведении оросительных или

осушительных мелиораций меняется радиационный баланс за счет дополнительного увлажнения или осушения территории, что приводит к повышению продуктивности земель. Агромелиоративные приемы позволяют увеличить энергетический ресурс почвы за счет внесения удобрений, улучшения основных свойств, что обеспечивает повышение ее плодородия. Нами установлена связь между продуктивностью сельскохозяйственных угодий ( $P_E$ ) и экологически безопасной продуктивностью земель при проведении комплексной мелиорации ( $P$ ), обеспечивающая устойчивость агроландшафта, которая аппроксимируется степенной функцией:  $P_E = kP^n$ , где при существующей агротехнологии значение коэффициента  $k$  равно 6,3, а значение  $n$  составляет 0,32. По приведенной зависимости можно оценить продукционный потенциал, который достигается при проведении комплексной мелиорации (рис. 3).



Рисунок 3 - Изменение продуктивности почв зонального ряда при проведении орошения

В гумидной зоне проведение осушительных мелиораций позволяет в 2-3 раза увеличить продуктивность сельскохозяйственных угодий, а в семигумидной при дополнительном увлажнении довести продукционный потенциал до 6 т.з.ед./га. При проведении орошения в семиаридной зоне продукционный потенциал может составить 6-8 т.з.е./га, а в условиях аридного климата в степной зоне может увеличиться до 9-12 т.з.ед./га и до 5 раз в полупустынной и пустынной областях. Достижение указанных значений возможно только при проведении всего необходимого комплекса мелиоративных мероприятий.

Для того, чтобы достичь таких показателей и не нарушить сбалансированность природной системы (ландшафта) требуется подойти к созданию мелиоративных систем нового поколения с экологических позиций. У истоков создания экологических основ комплексных мелиораций агроландшафтов стоял

Алексей Николаевич Костяков. Во всех своих работах он рассматривал сельскохозяйственные мелиорации в комплексе с агротехникой и считал, что они обеспечивают плодородие почв, улучшение климатических, гидрологических и других природных условий. Он писал, «мелиорации являются не только составной частью общего комплекса по преобразованию природы, но и необходимым направлением, интенсивность и размеры их в значительной степени определяются условиями и результатами проведения всего комплекса» [4, с.16]. То есть А.Н. Костяков выражал мысль о том, что интенсивность и размеры мелиоративной деятельности лимитируются природными условиями.

Нами сформулированы экологические принципы создания совершенных мелиоративных систем, обеспечивающих целенаправленное управляемое сопряжение природных процессов, формирующихся в результате мелиоративной деятельности при сбалансированности потоков веществ и энергии в мелиорируемом объекте. Выделены следующие основные принципы: принцип преобразования природного объекта, адаптации, многофункциональности, лабильности и замкнутости круговорота, применение которых позволит обеспечить существенное снижение мелиоративной нагрузки на агроландшафт при обеспечении заданной продуктивности.

Технические решения для мелиоративных систем нового поколения должны обеспечить проведение точного во времени и пространстве орошения, реализацию комплекса агротехнических, организационных и экономических мероприятий по внедрению адаптивно-ландшафтной системы земледелия, современных авторегуляционных технологий возделывания сельскохозяйственных культур и составление электронных цифровых карт размещения мелиорированных земель и гидротехнических сооружений. При этом необходимо достичь следующих критериев: коэффициент полезного действия магистральных каналов не менее 0,98; межхозяйственных 0,97 и внутрихозяйственной сети 0,98; коэффициент земельного использования должен быть не ниже 0,9; применение малообъемного орошения и малоэнергозатратной поливной техники, переход к промышленной технологии автоматизированного проектирования информационных систем управления водораспределением и водопользованием. Все это обеспечит необходимый производственный потенциал и благоприятную экологическую ситуацию.

#### **Список использованных источников**

1. Кирейчева Л.В. Восстановление природно-ресурсного потенциала комплексными мелиорациями // Мелиорация и водное хозяйство, 2004 № 5. С.32-35
2. Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. Развитие и размещение сельскохозяйственных мелиораций в изменяющихся климатических условиях // Природообустройство. 2017. № 4. С. 80-87.
3. Кирейчева Л.В., Белова И.В. Формирование высокопродуктивного агроландшафта на мелиорируемых землях // Мелиорация и водное хозяйство. 2009. № 4. С. 19-22
4. Кирейчева Л.В., Карпенко Н.П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв. // Почвоведение. –2015. –№5. –С.587-586.
5. Костяков А.Н. Избранные труды. Т1. М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. Москва – 1961. 802 с.
6. Костяков А.Н. Основы мелиораций. – М.: Сельхозгиз, 1951, 750 с.

7. Манусов Е., Манусова Н., Кошарский В., Фиговский О., Бикбау М., Кирейчева Л., Алексеенко В. Об управлении экосистемами и другими открытыми системами // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2009. № 1. С. 50-54.

8. Шабанов В.В., Орлов И.С. Оценка природно-хозяйственного риска в условиях изменения климата (на примере сельскохозяйственной деятельности). Часть 1-Теория. ISBN 5-89231-103-1; М.: МГУП. 2003. 87с.

## **ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ И ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 620.9:631.6:626.8

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД**

**В.В. Бородычев, И.И. Конторович**

Волгоградский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Волгоград,  
Россия

Признавая естественное испарение минерализованных дренажных вод как наиболее распространенный в мировой практике способ утилизации дренажного стока (ДС), можно обоснованно утверждать, что в традиционных, относительно ограниченных по разнообразию, технических решениях эта технология не достаточно эффективна вследствие наличия следующих основных недостатков:

1) не учитываются особенности формирования и отвода дренажных вод с орошаемых земель в испаритель в увязке с внутрigoдовой динамикой метеорологических факторов, определяющих процесс испарения;

2) не учитываются особенности температурного режима ДС;

3) не учитываются особенности трансформации воздушного потока при обтекании конструктивных элементов испарителя и прохождении над водной поверхностью, влияние этих процессов на испарение воды;

4) не достаточно обоснован выбор числа отсеков испарителя и их глубин с точки зрения интенсификации испарительного процесса;

5) не применяются специальные меры по интенсификации испарения дренажных вод;

6) не предусматривается извлечение, обезвоживание и безопасное складирование садовых солей для их дальнейшего использования;

7) недостаточно эффективно используются вся совокупность нетрадиционных возобновляемых источников энергии;

8) недостаточный объем информационного обеспечения для безопасного и эффективного функционирования испарителей;

9) не выполняется оценка негативного влияния испарителей на окружающую среду и не применяются специальные мероприятия по минимизации этого влияния.

Разработка унифицированного испарителя была обусловлена необходимостью совершенствования конструкций гидромелиоративных систем (ГМС) нового поколения за счет повышения эффективности и экологической безопасности процесса утилизации минерализованных дренажных вод.

В общем случае разработанный испаритель включает следующие подсистемы:

- 1) подсистему для транспортирования ДС от коллекторно-дренажной сети ГМС к подсистеме для его аккумуляции в пределах испарителя (ПС1);
- 2) подсистему для аккумуляции ДС в пределах испарителя (ПС2);
- 3) подсистему интенсифицированного испарения ДС (ПС3);
- 4) подсистему для утилизации остаточных от испарения рассолов (ПС4);
- 5) подсистему для использования рассолов и садовых солей (ПС5);
- 6) подсистему производства и использования энергии (тепловой, электрической), опресненной воды (ПС6).

Сравнительные характеристики существующих и предлагаемых испарителей дренажного стока приведены в таблице.

Таблица – Технические решения традиционных и предлагаемых испарителей минерализованного дренажного стока

Характеристики технического решения	Технические решения испарителя		
	Традиционное	предлагаемые (унифицированные)	
		базовая версия	полная версия
1	2	3	4
1. Основные операции и подсистемы испарителя.	Транспортирование ДС в испаритель, аккумуляция и естественное испарение ДС, аккумуляция садовых солей в пределах испарителя. Подсистемы: ПС1 – ПС2.	Транспортирование ДС в испаритель, обработка ДС в процессе транспортирования, аккумуляция ДС в специальном отсеке, интенсифицированное испарение ДС в специальном отсеке, концентрирование рассолов в специальном отсеке. Подсистемы: ПС1 – ПС4.	Транспортирование ДС в испаритель, обработка ДС в процессе транспортирования, аккумуляция ДС в специальном отсеке, интенсифицированное испарение ДС в специальном отсеке, концентрирование рассолов в специальном отсеке, использование концентрированных рассолов и садовых солей, производство и использование энергии и/или опресненной воды. Подсистемы: ПС1 – ПС6.
2. Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ).	Гидравлическая энергия потока ДС, солнечная энергия,	Гидравлическая энергия потока ДС, солнечная энергия, концентрированные воздушные потоки, низкотемпературная	Гидравлическая энергия потока ДС; солнечная энергия, включая энергию, производимую солнечным водоемом; концентрированные воздушные потоки;

Продолжение таблицы

1	2	3	4
	энергия ветра без концентрирования потоков воздуха.	геотермальная энергия, энергия биомассы отходов сельскохозяйственного производства.	низкотемпературная геотермальная энергия; энергия биомассы отходов сельскохозяйственного производства и др.
3. Тип испарительного процесса.	Естественное испарение.	Интенсифицированное испарение за счет увеличения площади испаряющей поверхности, температуры воды, улучшения тепло- и массообмена между испаряющей поверхностью и воздушными потоками.	Интенсифицированное испарение за счет увеличения площади испаряющей поверхности, температуры воды, улучшения тепло- и массообмена между испаряющей поверхностью и концентрированными воздушными потоками.
4. Интенсификации испарения.	Интенсификации испарения нет.	Увеличение испарения в 2 -3 раза.	Увеличение испарения в 3 – 4 раза.
5. Разделение технологического процесса утилизации.	Разделения технологического процесса по отсекам испарителя нет.	Технологические процессы аккумуляции, испарения ДС и концентрирования рассолов разделены по специальным отсекам.	Технологические процессы аккумуляции, испарения ДС, концентрирования и использование рассолов и солей, производства энергии разделены по специальным отсекам.
6. Извлечение садовых солей.	Не выполняется, соли аккумулируются в испарителе.	Не выполняется, соли аккумулируются в течение срока службы испарителя в специальном отсеке.	Выполняется в виде извлечения, обезвоживания, размельчения, фасовки, складирования, хранения и передачи потенциальным потребителям.
7. Полезное использование рассолов и солей.	Не выполняется.	Не выполняется.	Выполняется, в том числе, для производства тепловой и электрической энергии, опресненной воды
8. Высотная привязка испаряющей поверхности к окружающей местности.	Не выполняется.	Выполняется.	Выполняется
9. Оценка влияния испарителя на окружающую среду.	Контроль уровня и состава грунтовых вод.	Контроль уровня грунтовых вод, загрязнений подземных вод и воздуха по специальной программе.	Контроль уровня грунтовых вод, загрязнений подземных вод и воздуха по специальной программе.
10. Правовая защита технических решений.	Нет	Патенты № 2214486, 2515041, 2527032, 2527041, 2528006	Патенты № 2214486, 2357041, 2370511, 2515041, 2527032, 2527041, 2528006, заявка № 2017116963 и 2 технических решения в стадии оформления заявок

Предлагаемые технические решения испарителя будут использованы при разработке технологии сокращения объемов минерализованного дренажного стока за счет создания, унификации и применения новых технических решений, обеспечивающих интенсифицированное испарение с использованием преимущественно возобновляемых источников энергии. В результате достигается повышение эффективности функционирования и экологической безопасности, расширение функциональных возможностей, снижение энергоёмкости и площади утилизационных комплексов (на 10 – 30%).

УДК 631.674

## **К ВОПРОСУ РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ПОЛЯ**

**В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, В.К. Губин, Н.Г. Колесова**  
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Важнейшими факторами жизни растений являются температура и влажность приземного слоя воздуха, а также содержание в почве доступной корням растений влаги. В полевых условиях сельскохозяйственные культуры редко находятся в оптимальных условиях произрастания. Действие высоких температур в течение длительного времени влечет за собой повышение температуры листовой поверхности растений, обезвоживание и снижение тургора. Реакция растений на комплекс засухи (перегрев и обезвоживание) имеет сложный характер. При нагревании листьев растения поддерживают температуру их поверхности за счет транспирации. Растения через устьица, расположенные на нижней поверхности листа, испаряют воду, поддерживая его температуру и влажность воздуха на необходимом уровне. При слишком высокой интенсивности испарения, превышающей подачу воды корнями, растения закрывают устьица и снижают количество испаряемой влаги. Однако, при резком повышении температуры воздуха и снижении его относительной влажности может возникнуть воздушная засуха. Высокая температура воздуха угнетает процессы фотосинтеза и дыхания растений, уменьшает активность фитогормонов, тормозит рост растений. Перегрев листовой поверхности может привести к разрушению структуры белка в клетках устьиц и их полному открытию, соответственно - неуправляемому испарению влаги листом и его высыханию. При этом перегрев поверхности почвы приводит к повреждению и отмиранию поверхностно расположенных корней и ожогам корневой шейки, генеративные клетки также претерпевают структурные изменения, теряют активность и способность к делению [1].

Каждая сельскохозяйственная культура в разные фазы развития нуждается в поддержании определённого водного и температурного режима почвы и воздуха. Так, например, лук предъявляет высокую требовательность к влажности почвы на стадии получения всходов. Семена без дополнительной влаги не могут прорасти, корневая система развивается в первую фазу роста медленно. Для набухания семян и поступления питательных веществ в проросток требуется очень небольшое количество воды, но в почве эти процессы нормально про-

ходят только при влажности около 90% НВ. Посев в почву с влажностью менее 80% НВ не допустим. Повышенные требования к воде наблюдаются у лука и в так называемые «критические дни», которые приходится на первые две недели после посева: 2-3 недели после всходов во время активного листообразования и отрастания корневой системы. Влажность воздуха также оказывает большое влияние на формирование урожая. Для лука благоприятна относительная влажность воздуха 60-70%. Но при этом необходимо учитывать, что повышенная влажность воздуха может оказывать и отрицательное влияние на продуктивность: грибки и различные бактериальные болезни сильнее поражают растения во влажном воздухе [2].

Особенно высокие и специфические требования к обеспеченности водными ресурсами и температуре предъявляют огурцы. Культура огурца требует высокой влажности корнеобитаемого слоя почвы и приземного воздуха, но при этом отрицательно относится к переувлажнению. Для нормального роста и развития огурцов необходимо наличие повышенной температуры воздуха 25-30°, высокой относительной влажности воздуха 75-90%, повышенной влажности почвы. Поэтому до начала плодоношения проводят поливы при влажности почвы 75% НВ, а в период плодоношения её поддерживают на уровне 85-90% НВ. Повышенная требовательность культуры огурца к влажности воздуха и почвы объясняется, с одной стороны, слаборазвитыми, неглубоко расположенными корнями и высоким транспирационным коэффициентом, а с другой - коротким вегетационным периодом, в течение которого растения должны сформировать урожай [2].

Томат – теплолюбивое растение. Оптимальная температура роста и развития +22...24°С с понижением температуры в ночные часы до +16...18°С. При температуре выше +30°С пыльца у многих сортов томатов теряет жизнеспособность, рост растений замедляется, а при температуре выше +35°С прекращается. Томат очень чувствителен к влажности почвы, особенно в период плодоношения. Однако, предъявляя повышенные требования к влажности почвы, томат не переносит высокой относительной влажности воздуха. Наилучшая для томата относительная влажность воздуха 45-60%. Более высокая влажность воздуха повышает степень поражения растений грибковыми заболеваниями, задерживает созревание пыльцы, ухудшает условия оплодотворения [2].

Практически для обеспечения благоприятных условий для получения высокой урожайности необходимо поддерживать определённый для каждой культуры водный и температурный режим почвы и приземного слоя воздуха. До последнего времени единственным инструментом регулирования этих факторов было орошение, позволяющее поддерживать влажность почвы на заданном уровне. При этом на температуру и относительную влажность приземного воздуха влияние оказывалось только во время полива и в течение нескольких дней после его завершения. Поэтому при наступлении воздушной засухи даже при достаточном количестве влаги в почве растения могут испытывать температурный стресс. В настоящее время ведётся активная разработка систем комбинированного орошения, позволяющих осуществлять регулирование температуры

листовой поверхности растений, а также влажности и температуры приземного слоя воздуха.

С регулированием этих режимов достаточно хорошо справляется аэрозольное орошение, которое на фоне традиционных способов полива позволяет улучшить микро- и фитоклимат посевов. При аэрозольном орошении распределение воды каплями диаметром около 100 мкм обеспечивает снижение температуры растений на 6...12°C [3]. Аэрозольное орошение основано на распределении мелкораспыленной воды по листовенному покрову растений. При этом степень дисперсности капель дождя должна быть такой, чтобы они не скатывались с листьев, а оставались на них до полного испарения, охлаждая наземную часть растений и увеличивая влажность приземного слоя воздуха. Мелкодисперсное дождевание в течение вегетационного периода создает благоприятные фитоклиматические условия для произрастания сельскохозяйственных культур, способствует увеличению урожайности, а также устранению депрессии фотосинтеза и снижению расхода воды на транспирацию в жаркое время дня.

При проведении приживочных поливов рассады овощных культур, а также для снятия температурных стрессов у растений во время жаркой погоды может применяться устройство для создания газокапельной струи, защищенное патентом РФ № 2548886 [4]. Устройство для создания газокапельной струи включает корпус с системами подачи газа и жидкости и механизмом их смешения с образованием газокапельной струи. Система подачи газа выполнена в виде встроенного в корпус вентилятора и размещенных на входе в корпус пластин жалюзи. Механизм смешения жидкости и газа представляет собой дисковый распылитель с электроприводом и водоподводящим патрубком. Дисковый распылитель размещен соосно с корпусом на выходе из него и имеет две распыляющие кромки разного диаметра, сообщающиеся между собой посредством водоперепускных отверстий. Техническим результатом изобретения является обеспечение возможности разделения газокапельной струи на фракции – крупнокапельную для увлажнения почвенного покрова и тонкодисперсную для листовой поверхности растений и приземного слоя воздуха при регулируемой дальности подачи газокапельной струи. Сущность технического решения поясняется чертежами, где на рисунке 1 представлено устройство в разрезе. На рисунке 2 представлен распыляющий диск в разрезе. На рисунке 3 - жалюзийная решетка в плане.

Работа устройства для создания газокапельной струи осуществляется в следующей последовательности. Перед проведением орошения сельскохозяйственных культур устанавливают соотношение расходования воды из газокапельной струи на увлажнение почвенного и листового покрова растений и приземного слоя воздуха, монтируя сменный диск 3 с различным количеством водоперепускных отверстий 9. Чем большее количество воды потребуется подать на увлажнение почвы, тем больше водоперепускных отверстий 9 имеет малая кромка 6 устанавливаемого диска 3. После завершения монтажа диска 3 и подключения к нему водоподводящего патрубка 4 устройство на транспортном средстве вывозят в поле.

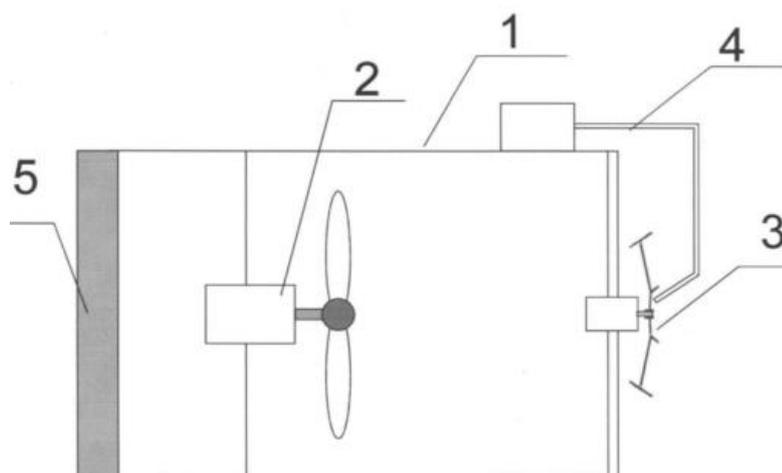


Рисунок 1 - Устройство для создания газокпельной струи в разрезе, вид сбоку

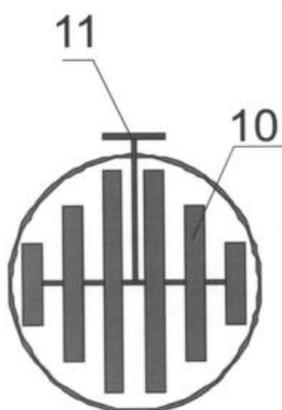


Рисунок 2 - Распыляющий диск в разрезе

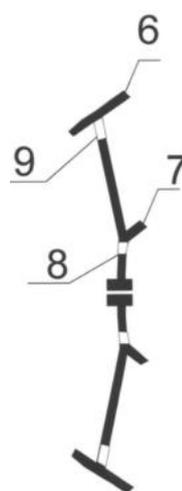


Рисунок 3 - Жалюзийная решетка в плане

Устройство с включенным вентилятором 2 перемещают вдоль орошаемого участка. В процессе работы вода из водоисточника по патрубку 4 поступает на среднюю часть вращающегося диска 3. Часть этой воды распыляется с малой кромки 6, образуя крупнокапельную фракцию. Остальная вода перетекает через отверстие 9 к кромке 7, где также происходит ее распыление с образованием тонкодисперсной фракции газокпельной струи. Соответственно, большая часть воды, распыляемой с поверхности кромки 7, образует капли размером до 100 мкм, которые оседают на поверхность листьев, а также испаряются в приземном воздухе, повышая его влажность. Капли, образуемые на кромке 6, имеют величину более 100 мкм. Они оседают на поверхности почвы, увлажняя ее. Процентное соотношение количества воды, подаваемой на увлажнение почвы и приземного слоя воздуха, задают подбором дисков 3 с определенным количеством отверстий 9. Дальность подачи газокпельной струи регулируют с помощью привода 11, поворачивая заслонки 10 жалюзи 5, и тем самым изменяя силу воздушного потока, создаваемого вентилятором 2.

Устройство для создания газочапельной струи привлекательно тем, что оно обеспечивает возможность разделения газочапельной струи для увлажнения почвенного покрова на фракции более 100 мкм, а для увлажнения листовой поверхности растений и приземного слоя воздуха менее 100 мкм. Таким образом увлажнение приближает фитоклимат растительного покрова к оптимальному. Данное устройство может найти применение в теплицах и на небольших фермерских хозяйствах.

#### **Список использованных источников**

- 1.Третьяков Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Третьяков И.И., Кошкин Е.И., Макрушин Н.М. и др. под ред. Третьякова Н.Н.//Москва, «Колос». 2000 – 640С.
- 2.В.В. Бородычев. Современные технологии капельного орошения овощных культур: научное издание / Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2010. – 241 с. (С.91, 126-127, 14).
- 3.Маслов, Б.С. Справочник по мелиорации / Б.С. Маслов, И.В. Минаев, К.В. Губер// Росагропромиздат. М. 1989. -с.165-166.
- 4.Патент РФ № 2548886. Устройство для создания газочапельной струи. 20.04.2015.

УДК 631.674.5; 631.674.6; 504.4.062.2; 303.724.32

## **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВЛАЖНОСТИ И УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ РАННЕГО КАРТОФЕЛЯ**

**А.А. Бубер**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В наше время менее 20% всего картофеля выращивает государственный сектор, остальные 80% приходятся на мелкотоварные хозяйства, где в основном преобладает производство с ограниченными возможностями в механизации и ручным трудом. В связи с этим в последние годы существенно возрастает ввоз продукции из других стран - Китая, Египта, Израиля, Индии и т.д. Существенное понижение объемов возделывания картофеля в крупных фермерских хозяйствах связано с повышенной ресурсоемкостью и пониженной эффективностью производства в промышленных масштабах. Возникает необходимость в повышении эффективности производства раннего картофеля при минимизации ресурсов на формирование урожая.

В статье приведен регрессионный многофакторный анализ урожайности раннего картофеля в зависимости от факторов влажности и уровня минерального питания при капельном и комбинированном орошении.

Жизненный цикл картофеля включает пять основных физиологических этапов [1,2]: начало формирования клубня - его посадка в поле; посадка - появление всходов (период формирования корней и побегов только за счет запаса веществ материнского клубня); всходы - начало завязывания клубней (когда идет рост листьев, стеблей и корней преимущественно за счет фотосинтеза); рост клубней, частично совпадающий с продолжающимся ростом ботвы; отмирание ботвы и усиленное отложение запасов питательных веществ в клубнях.

Для статистического анализа были выбраны 3 фазы: всходы-начало бутонизации, начало бутонизации-полное цветение, цветение-окончание роста ботвы; так как именно в эти 3 фазы растению необходимо орошение и удобрения.

Рассматриваемые факторы [3,4]:

*Фактор А (способ полива)*: вариант А1 – капельное орошение; вариант А2 – комбинированное орошение (капельное + мелкодисперсное дождевание).

*Фактор В (водный режим почвы)*: вариант В1 – поддержание в слое 0,5 м постоянного порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % наименьшей влагоемкости (НВ); вариант В2 – поддержание в слое 0,5 м дифференцированного порога предполивной влажности почвы, 70-80-80 % НВ: 70 % НВ в период от посадки до фазы бутонизации, 80 % НВ – с начала фазы бутонизации до завершения вегетационного периода; вариант В3 – поддержание в слое 0,5 м дифференцированного порога предполивной влажности почвы, 70-70-80 % НВ: 70 % НВ в период от посадки до фазы массового цветения картофеля, 80 % НВ – с начала фазы цветения до завершения вегетационного периода.

*Фактор С (уровень минерального питания)*: вариант С1 – внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 40 т/га клубней картофеля; вариант С2 – на 50 т/га; вариант С3 – на 60 т/га.

На приведенных ниже диаграммах (рисунок) представлены результаты регрессионного анализа влияния факторов А, В и С на урожайность раннего картофеля [5,6].

Исходя из результатов многофакторного регрессионного анализа видно, что во вторую фазу развития картофеля урожайность при повышенном факторе влажности 0,8 НВ и внесении больших доз минерального питания (1) ниже (0,3-0,5 при капельном орошении, 0,4-0,5 при комбинированном орошении), чем при факторе влажности 0,6 НВ – 0,5-0,6 при капельном орошении, 0,5-0,7 при комбинированном орошении.

В третью фазу развития картофеля урожайность при повышенном факторе влажности 0,75-0,8 НВ и внесении больших доз минерального питания (1) ниже (0,35-0,45 при капельном орошении, 0,4-0,5 при комбинированном орошении), чем при факторе влажности 0,6-0,7 НВ – 0,45-0,55 при капельном орошении, 0,5-0,7 при комбинированном орошении. Переполив в данные фазы развития картофеля будет вреден для растения и может помешать развитию корневой системы, что приведет к потере урожая.

В четвертую фазу для капельного и комбинированного орошения высокая влажность 0,75-0,8 НВ и высокий уровень внесения минерального питания положительно влияют на урожайность (0,45-0,55 при капельном орошении, 0,5-0,6 при комбинированном орошении). Повышенный фактор влажности в фазу развития раннего картофеля «цветение-окончание роста ботвы» снимается дефицит влаги и положительно влияет на формирование урожая. Также из графического анализа видно, что при комбинированном орошении урожайность – 0,7 выше, чем при капельном – 0,6.

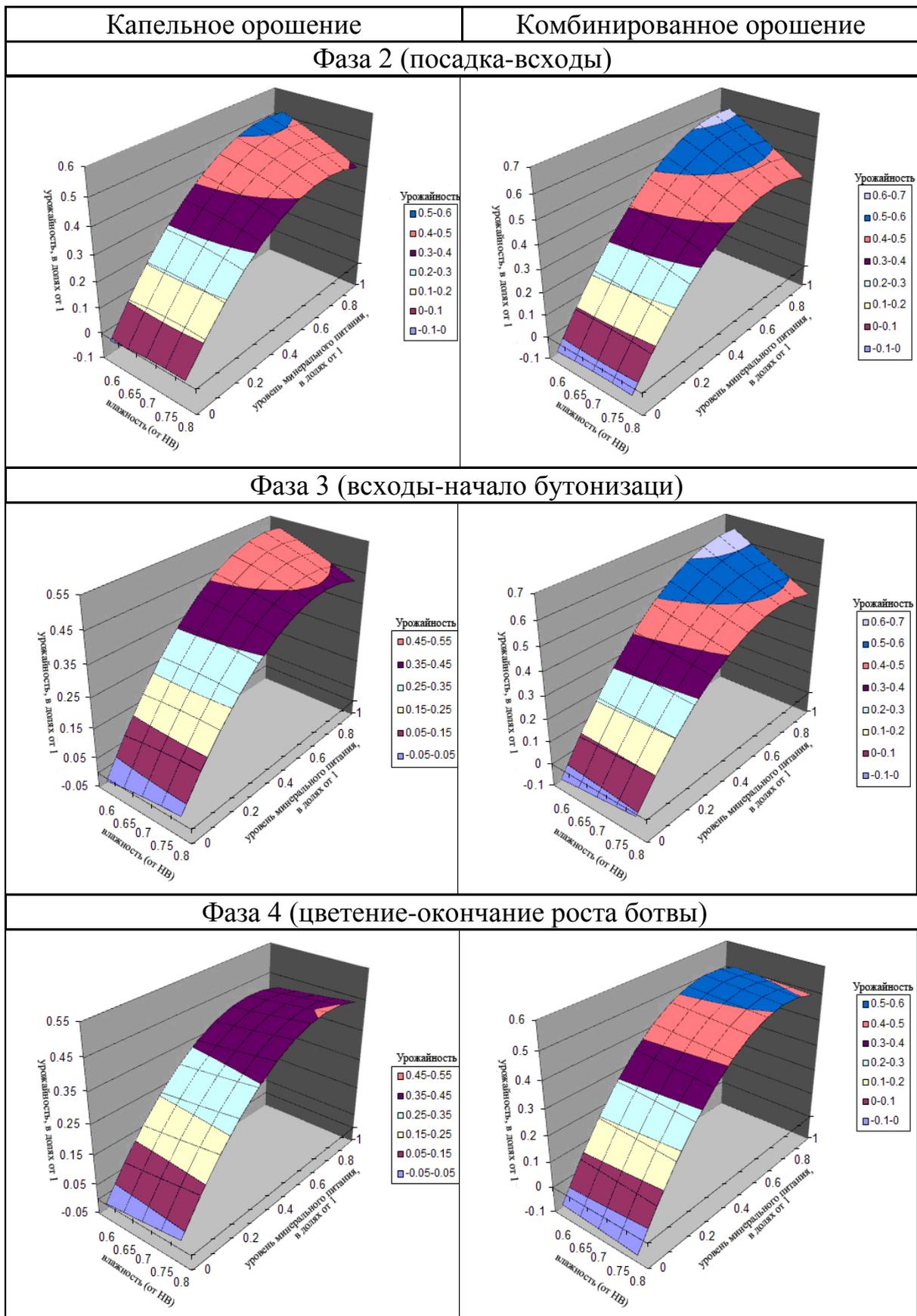


Рисунок - Графический анализ результатов опытов с помощью многофакторных зависимостей по фазам развития раннего картофеля

Наилучшая урожайность получена на опытных делянках с комбинированным орошением - вариант В2 (поддержание в слое 0,5 м дифференцированного порога предполивной влажности почвы, 70-80-80 НВ) С2 (с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 50 т/га) и вариант В3 (поддержание в слое 0,5 м дифференцированного порога предполивной влажности почвы, 70-70-80 НВ) С3 (с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 60 т/га) [7,8].

#### **Список использованных источников**

1. Лорх, А.Г. Экологическая пластичность картофеля. / А.Г. Лорх. - М.: Колос, 1968.
2. Справочник картофелевода. / Под ред. акад. Н.А. Дорожкина, З.А. Дмитриевой и Н.Д. Гончарова. – Минск: «Ураджай», 1977.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. / - М.: Агропромиздат, 1985.
4. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. / - М.: Россельхозакадемия, 2011.
5. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений (2-е изд.). / - М.: Наука, 1971.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. / - М.: Высшая школа, 1999.
7. Бородычев В.В., Храбров М.Ю. и др. Опыт применения мелкодисперсного дождевания сельскохозяйственных культур: Обзорная информация. / - М.: ЦБНТИ, 1978.
8. Бубер А.А. Материалы международной научно-практической конференции «Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования» статья «Приемы повышения продуктивности картофеля при комбинированном орошении» / - Волгоград: ИПК ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ «Нива», 2017.

УДК 631.674.42.

## **НИЗКОНАПОРНАЯ СЕТЬ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ**

**В.К. Губин, М.Ю. Храбров**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Капельное орошение в настоящее время является наиболее распространённым способом малообъёмной подачи воды непосредственно в зону распространения корневой системы. Среди применяемых конструкций наибольшее распространение в настоящее время получили интегральные линии - поливные трубопроводы, изготавливаемые в виде трубок из полимерной плёнки, внутри которых в заводских условиях устанавливают капельницы. Конструкция этих капельниц обеспечивает подачу одинакового расхода по всей длине трубки, компенсируя изменение давления в ней [1].

Благодаря относительной дешевизне интегральные линии используют для орошения пропашных культур всего в течение одного сезона. При орошении садов и виноградников интегральные линии используют в течение нескольких лет, оставляя на зиму под снегом. При этом надёжность и работоспособность как трубок, так и капельниц значительно снижаются. Поэтому для орошения многолетних насаждений предпочтительно использование полимерных труб диаметром 20 – 25 мм, рассчитанных на использование в течение 10-15 лет и оборудованных водовыпусками капельной подачи воды с системой промывки канала.

Однако наряду с преимуществами способ капельного орошения обладает и целым рядом недостатков. К ним, в частности, относятся высокие требования к очистке воды от илистой фракции, ограничения по содержанию в воде солей, необходимость использования насосного оборудования, требующего подвода линии электропередачи или передвижной электростанции.

Иногда выполнить эти требования технически сложно или экономически не целесообразно. В этих случаях представляет интерес применение низконапорной системы капельного орошения, которая предназначена для полива плодовых культур и виноградников. Она работает в самонапорном режиме или с механической подачей воды при напорах 1-3 м. Наилучшие условия применения – склоны с уклонами местности  $i=0,01-0,02$ , обеспечивающие создание рабочего напора за счёт уклона местности. При этом поливные трубопроводы с капельницами монтируют на шпалерной проволоке, натянутой вдоль рядов растений.

Преимуществом низконапорной системы является возможность ее работы при содержании в воде до 1 г/л наносов размером до 1 мм. Поэтому оросительная вода не требует тонкой очистки песчаными фильтрами. За последние годы было запатентовано несколько конструкций сети низконапорных капельных трубопроводов. Так, например, оросительная сеть для капельного орошения - патент РФ №2352105 (рис. 1, 2). Эта сеть включает распределительный трубопровод 1, к которому через регуляторы расхода 2 подключены поливные трубопроводы 3, состоящие из отрезков жёстких труб 4, подвешенных к линейному элементу 5 с помощью телескопических раздвижных подвесок 6 и соединённых между собой гофрированными эластичными муфтами 7. Каждая муфта имеет диаметрально расположенные армированные воздуховыпускные отверстия 8 и водовыпускные отверстия 9, причём водовыпускные отверстия снабжены патрубками 10 с калиброванными отверстиями, к которым присоединены водоотводящие трубки 11. Линейные элементы 5 закреплены на стойках 12, установленных в створе ряда орошаемых деревьев 13. Телескопические подвески 6 снабжены фиксаторами.

Работа этой оросительной сети осуществляется в следующей последовательности. При монтаже оросительной сети к распределительному трубопроводу 1 через регулятор расхода 2 подключают головной участок поливного трубопровода 3, который соединяют эластичной гофрированной муфтой 7 с первым отрезком жёсткой трубы 4. При этом муфту 7 размещают в непосредственной близости от ствола дерева 13. Длину трубы 4 принимают равной расстоянию между деревьями. Наиболее распространённые схемы посадки кустарников 2х2 м, а фруктовых деревьев – 4х4 м. Трубы 4 крепят к линейным элементам 5, представляющим собой шпалерную проволоку, натянутую между стойками 12. Эта проволока используется одновременно для формирования кроны дерева в пальметных садах. Трубу 4 крепят к линейному элементу с помощью раздвижных телескопических подвесок 6, при этом, регулируя длину этих подвесок, задают трубопроводу 3 уклон в пределах  $i=0,005 \dots 0,007$ . Экспериментально установлено, что при такой величине уклона обеспечивается достаточно

надёжная работа поливного трубопровода. Заданную длину телескопических подвесок 6 закрепляют с помощью фиксаторов 14. Муфты 7 устанавливают в вертикальной плоскости таким образом, что воздуховыпускное отверстие 8 находится в верхней части муфты, а водовыпускные отверстия 9 в нижней. В зависимости от потребности растения в воде каждая муфта может иметь одно или несколько водовыпускных отверстий 9, от которых воду отводят в точку выпуска с помощью трубочек 11, закрепляемых на патрубке 10, вставленном в водовыпускное отверстие 9. Система укомплектовывается набором сменных патрубков 10, имеющих разный диаметр калиброванного отверстия. Это позволяет устанавливать расход водовыпусков с учётом водно-физических свойств почвы. На лёгких почвах в водовыпускные отверстия 9 устанавливают патрубки с калиброванными отверстиями большего диаметра, рассчитанные на подачу повышенных расходов, а на тяжёлых почвах используют патрубки с калиброванными отверстиями меньшего диаметра, рассчитанные на подачу меньшего расхода. Жёсткость труб 4 обеспечивает прямолинейность трубопровода 3 в пределах заданного уклона  $i = 0,005 \dots 0,007$ . Концевой участок трубопровода 3 выводят в короткую поливную бороздку. Таким образом с помощью раздвижных телескопических подвесок 6 даже при отсутствии уклона поверхности на орошаемом участке или при волнистом рельефе каждому поливному трубопроводу 3 придают уклон, обеспечивающий надёжную работу водовыпусков при безнапорном режиме движения воды по этому трубопроводу.

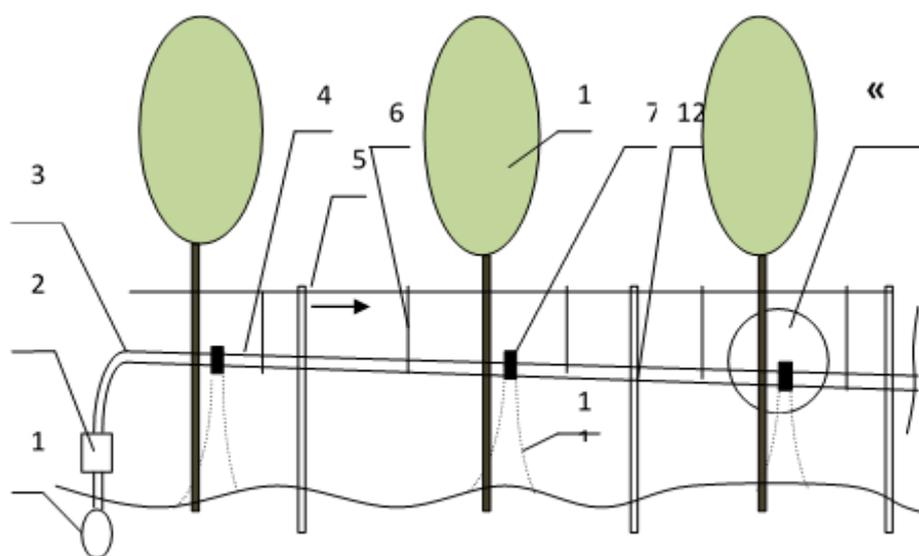


Рисунок 1 - Низконапорная оросительная сеть для капельного орошения

После завершения монтажных работ при возникновении необходимости в проведении полива воду подают в распределительный трубопровод 1, при этом регулятор 2 устанавливают в положение, обеспечивающее подачу воды по поливному трубопроводу 3 в безнапорном режиме. При пуске воды в трубопровод 3 при температуре воды ниже температуры воздуха происходит уменьшение длины труб 4. При этом эластичные муфты 7, растягиваясь, компенсируют это уменьшение длины трубопровода, сохраняя заданное положение трубопровода

3 и водовыпускных отверстий 9 и патрубков 10 относительно поверхности земли. Из поливного трубопровода 3 вода поступает в патрубки 10, калиброванный диаметр отверстий, в которых обеспечивает подачу одинакового расход из всех водовыпускных отверстий 9. Из патрубков 10 вода по трубочкам 11 подводится непосредственно в зону расположения корневой системы деревьев 13. При последующем изменении температуры воды при нагревании трубопровода 3 трубы 4 удлиняются, при этом муфты 7, сжимаясь, также компенсируют это удлинение трубопровода 3. Воздуховыпускные отверстия 8 при подаче воды в трубопроводы 3 обеспечивают сообщение полости этих трубопроводов с атмосферой, препятствуя образованию в полости труб разряжения, нарушающего равномерность работы водовыпускных патрубков 10.

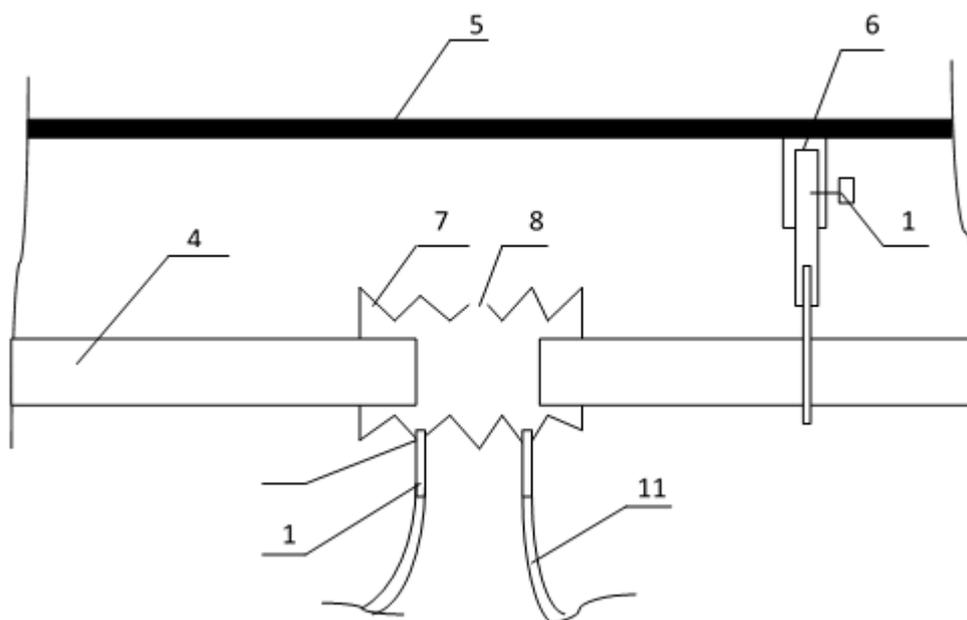


Рисунок 2 - Водовыпуск капельной подачи воды

После окончания полива подачу воды в поливные трубопроводы прекращают. Свободные от воды трубы 4, нагреваясь на солнце, увеличиваются в длину и сжимают муфты 7. Чередование сжатия и растяжения муфт 7 препятствует формированию илистых отложений в гофрах муфт и повышает надёжность работы водовыпусков.

Испытания данной системы были проведены на винограднике в фермерском хозяйстве «Садко» Дубовского района Волгоградской области. Рельеф выровненный, уклон поля в продольном направлении составляет  $i=0,003$ , а в поперечном -  $i=0,0425$ .

Поливной трубопровод подвешен к шпалерной проволоке на высоте 0,9-0,05 м над поверхностью почвы. Отрезки жёстких труб соединены эластичными муфтами, располагаемыми вблизи лоз винограда. Муфты крепятся хомутами. К нижней части муфт подключены жёсткие патрубки, к которым присоединены гибкие водоотводящие трубки. Концевой участок поливного трубопровода снабжён подвижным коленчатым патрубком. Задают необходимую величину

напора путём размещения ёмкости с поплавковым клапаном на высоте, превышающей высоту подвески поливных трубопроводов на 0,15-0,20 м.

При подаче воды из водоподводящего трубопровода в ёмкость, после заполнения её до заданного уровня, поплавковый регулятор поддерживает заданный уровень, обеспечивая постоянство напора в поливных трубопроводах. Вода поступает в поливной трубопровод под напором 0,1-0,15 м. Таким образом движение её по поливному трубопроводу происходит практически в низконапорном режиме, создаваемом геодезическим уклоном местности. Благодаря незначительной величине напора, отверстия в патрубках, подсоединённых к эластичным муфтам, имеют диаметр 1,0-1,5 мм и не засоряются илстой фракцией воды. Водоотводящие трубки располагают у растения лозы с двух сторон, обеспечивая увлажнение почвы в зоне расположения корневой системы. Коленчатый патрубок, установленный на конце поливного трубопровода, поворачивают в вертикальной плоскости, задавая необходимую величину подпора на концевом участке поливного трубопровода.

При испытаниях системы проведены замеры расходов воды из капельниц по длине поливного трубопровода. Замеры произведены в трехкратной повторности с использованием мерного цилиндра и секундомера. Время замера - 30 секунд. Результаты наблюдений показали, что у восьми капельниц, рассчитанных на расход воды 9 л/с, фактический расход имели 9,13 л/с, при отклонении от среднего от -1,5% до +5,15%. Капельницы, рассчитанные на расход воды 6 л/с, имели фактический расход 6,41 л/с, а отклонение от среднего составляло от -23% до +19,8%.

Таким образом, низконапорная сеть капельного орошения в условиях склоновых земель обеспечивает снижение затрат энергии на создание рабочего напора в сети на 75 -80 %. При этом подача воды с напором 4–10 см через отверстия в капельных водовыпусках диаметром 1–2 мм позволяет заменить тонкую очистку воды песчаными фильтрами на очистку сетчатыми фильтрами и снизить стоимость оборудования на 20-25%.

#### **Список использованных источников**

В.В. Бородычёв //Современные технологии капельного орошения овощных культур//, Волгоград,2010г., с 7-12

УДК 633.18:631.67.5

## **АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ**

**Э.Б. Дедова, Р.М. Шабанов**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В условиях возрастающего дефицита водных ресурсов, дороговизны строительства новых и поддержания в рабочем состоянии имеющихся рисовых инженерных систем, а также складывающейся неблагоприятной эколого-мелиоративной обстановки на рисовых полях, наблюдается сдерживание уве-

личения посевных площадей под рисом в нашей стране [1-3, 6]. Рост затрат невозполнимой энергии в растениеводстве обуславливает переход на ресурсосберегающие технологии и активный поиск возможностей ресурсоэнергосбережения. Применение таких технологий возделывания сельскохозяйственных культур предполагает применение агротехники, позволяющей экономить дорогостоящие и дефицитные топливо, воду для орошения, удобрения, гербициды и другие материальные ресурсы.

Экспериментальные исследования по разработке ресурсосберегающей технологии возделывания риса проводились на орошаемом участке СПК ПЗ «Первомайский» Черноземельского района Республики Калмыкия, расположенном в зоне действия Черноземельской обводнительно-оросительной системы. Почвы опытного участка бурые полупустынные легко- и среднесуглинистые, характеризуются щелочной реакцией среды, низким содержанием гумуса - 1,07-1,33%; средним содержанием щелочногидролизующего азота – 56-70 мг/кг и подвижного фосфора – 26-58 мг/кг, а также средним и повышенным содержанием обменного калия (275-501 мг/кг). Полив риса осуществляли дождевальной машиной ДКШ-64 «Волжанка», с поддержанием предполивной влажности почвы на уровне 75-80% и 80-85% НВ. Для орошения опытных посевов использовались воды минерализацией 0,927-1,752 г/л.

Эффективность использования ресурсов определена путем биоэнергетической оценки технологий производства растениеводческой продукции, которая определяется отношением энергии, накопленной в урожае сельскохозяйственных культур к совокупным затратам энергии, вкладываемым в производство этой продукции. Результаты оценки биоэнергетической эффективности технологии возделывания риса в аридных условиях Калмыкии при периодических поливах дождеванием, выполненные по методикам [4, 5], показывают, что наибольшие совокупные энергетические затраты приходятся на семена – 3,72-4,0 ГДж/га (15-17 %), минеральные удобрения – 6,28-7,02 ГДж/га (27-30%) и на вегетационные поливы – 6,04-7,40 ГДж/га (25-30%). При агроэнергетической оценке эффективности предложенных приемов возделывания риса установлено, что оптимальное сочетание регулируемых факторов способствует увеличению продуктивности, при которых энергозатраты возрастают на 2,50...3,24 ГДж/га по отношению к контрольному варианту (таблица).

Выявлено, что наибольшие энергетические затраты при возделывании риса при орошении дождеванием получены в варианте поддержания предполивной влажности почвы на уровне 80-85 % НВ на фоне внесения минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{90}$  кг/га д.в. – 30,19-30,89 ГДж/га, что на 3,41-4,20 ГДж/га выше, по сравнению с контрольным вариантом. В варианте поддержания предполивной влажности почвы на уровне 75-80 % НВ энергетические затраты по всем вариантам доз минерального питания варьировали от 25,86 до 27,87 ГДж/га.

Наименьшее количество энергии, накапливаемой с урожаем, отмечено в вариантах с естественным фоном и предполивной влажностью почвы на уровне 75-80% НВ– у сорта Кубань-3 – 39,99 ГДж/га, у сорта Фишт – 45,57 ГДж/га.

Как показали исследования, улучшение агротехнического фона при возделывании риса способствует увеличению его продуктивности, но при этом увеличиваются энергетические затраты на производство по сравнению с контрольным вариантом. Так, при внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{90}$  кг/га д.в. при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 80-85% НВ урожайность по сортам составляла 4,68-4,99 т/га, а величина накопленной энергии с урожаем достигала 72,54-77,35 ГДж/га. Расчет биоэнергетического коэффициента, отражающего отношение полученной с урожаем энергии к затраченной, показал, что в контрольном варианте (без внесения минеральных удобрений) на всех вариантах опыта режима орошения биоэнергетический коэффициент составил 1,66-1,96. Наибольшее значение биоэнергетического коэффициента 2,4-2,5 получено при внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{90}$  кг/га д.в. при режиме орошения 80-85% НВ.

Таблица – Агроэнергетическая оценка эффективности возделывания риса при орошении дождеванием

Режим орошения, % НВ	Дозы удобрений, кг/га д.в.	Урожайность, т/га	Затрачено энергии, ГДж/га	Получено энергии с урожаем, ГДж/га	Биоэнергетический коэффициент	Энергетическая рентабельность, %
сорт Кубань-3						
75...80	без удобрений	2,58	24,16	39,99	1,66	66
	$N_{80}P_{60}$	3,33	25,86	51,62	2,00	100
	$N_{120}P_{90}$	3,90	26,95	60,45	2,24	124
80...85	без удобрений	3,13	26,69	48,52	1,82	82
	$N_{80}P_{60}$	3,97	30,11	61,54	2,04	104
	$N_{120}P_{90}$	4,68	30,19	72,54	2,40	140
сорт Фишт						
75...80	без удобрений	2,94	24,98	45,57	1,82	82
	$N_{80}P_{60}$	3,51	26,26	54,41	2,07	107
	$N_{120}P_{90}$	4,22	27,87	65,41	2,35	135
80...85	без удобрений	3,48	27,48	53,94	1,96	96
	$N_{80}P_{60}$	4,16	29,01	64,48	2,22	122
	$N_{120}P_{90}$	4,99	30,89	77,35	2,50	150

Величина энергетической рентабельности возделывания риса при орошении дождеванием, рассчитанная как отношение энергии, полученной с урожаем за вычетом затраченной энергии к затраченной энергии, составила в контрольном варианте при всех режимах орошения 66-96%. Наибольшая энергетическая

рентабельность отмечена в вариантах внесения минеральных удобрений в дозах  $N_{120}P_{90}$  кг/га д.в. при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 80-85% НВ – 140-150%.

Таким образом, в аридных условиях Калмыкии возможно возделывание риса при периодических поливах дождеванием на оросительных системах общего назначения, при этом снижаются затраты оросительной воды в 3...3,5 раз по сравнению с традиционным способом возделывания культуры, и обеспечивается урожайность зерна 3,5...4.5 т/га.

#### **Список использованных источников**

1. Дедова Э.Б. Режим орошения и продуктивность маловодопотребного риса в условиях пустынной зоны Калмыкии [Текст] / Э.Б. Дедова, С.Л. Белопухов, Р.М. Шабанов // Бутлеровские сообщения – 2013. - Т 33 - №2 – С. 41-47.
2. Дубенок, Н.Н. Продуктивность суходольного риса при капельном орошении [Текст] / Н.Н. Дубенок, И.П. Кружилин, Н.М. Абду, М.А. Ганиев, К.А. Родин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии - М. – 2015. - № 6. – С. 92-100.
3. Кружилин И.П. Новая технология орошения риса [Текст] / И.П. Кружилин, В.В. Мелихов, М.А. Ганиев, А.Г. Болотин // Научные основы эффективного использования орошаемых земель аридных территорий России: Сб. науч. трудов. - Волгоград: ВНИИОЗ, 2007. – С. 37-44.
4. Методика биоэнергетической оценки эффективности технологий в орошаемом земледелии/ Под ред. Л.Г. Прищепа, Б.Б. Шумакова, И.П. Макарова - Москва. - 1989. - 80 с.
5. Методика энергетической оценки способов орошения сельскохозяйственных культур/ К.В. Губер, В.П. Максименко и др. – М.: ВНИИГиМ, 2002. – 40 с.
6. Шабанов Р.М. Продуктивность риса при орошении дождеванием в условиях Калмыкии / Р.М. Шабанов, Э.Б. Дедова //Материалы международной научно-практической конференции «Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России» (Костяковские чтения) - Москва, 2013. – С.104-108.

УДК 633.18:631.67.5

## **ПРИНЦИПЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА ПРИ ДОЖДЕВАНИИ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ ЗОНЫ РИСОСЕЯНИЯ**

**В.Б. Жезмер**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Наряду с выращиванием риса при искусственном орошении (методом затопления) во всем мире практикуется возделывание суходольного риса. В тропических районах развивающихся стран суходольный рис выращивают обычно мелкие земледельцы. Площади, занимаемые суходольным рисом, составляют около 1/6 части всех площадей под рисом в мире, т.е. около 25 млн. га. Основное расширение площадей риса в мире намечается за счет посевов суходольного риса, так как площади, пригодные для заливного риса, крайне ограничены. При возделывании суходольного риса применяют разнообразные агротехнические приемы: от примитивных («рубка-выкорчевывание-сжигание») до интенсивных, основанных на широком применении механизации.

На территории России первые исследования по возделыванию суходольного риса относятся к 1891 г. в Сырдарьинской области. Затем, в 20-х годах на Персиановской опытно-мелиоративной станции (Ростовская обл.) П.А. Витте были проведены первые опыты посева различных сортов риса без слоя воды, выделены перспективные сорта и в 1925 году методом массового отбора выведены два сорта суходольного риса: Белый СКОМС и Бурый СКОМС. Лучшим из испытываемых сортов оказался Белый СКОМС. Даже при наименьшем числе поливов с оросительной нормой 5300 м<sup>3</sup>/га этот сорт давал до 41,5 ц/га [1].

В последующие годы культурой суходольного риса занимались многие исследователи. С.Я. Розин [2] внедрял культуру незатопляемого риса на Украине, проводил сравнительное испытание маловодотребовательных сортов и выявил лучший из них – Золотые всходы. В.Ф. Щупаковский [3] изучал суходольный рис в Узбекистане, В.Г. Абраменко [4] - в северной части Волго-Ахтубинской поймы, М.В. Щербина [5] и И.И. Соколова [6] провели испытание большого количества сортов риса с целью подбора пригодных для периодического орошения. П.С. Степаненко [7] обобщил опыт борьбы с сорняками риса при периодических поливах, Н.Я. Шевченко [8] установил влияние температурных условий на рост и развитие суходольного риса. Ощутимый вклад в изучение водопотребления, режима орошения, способов полива, сортов и агротехники выращивания суходольного риса внесли К.Л. Шумакова и Е.Б. Величко [1]. Все указанные работы выполнены в 50-60 годы прошлого века, в то время, когда выращивание незатопляемого риса, требующее высокой культуры производства, было менее эффективно, чем применение чековой системы. Вследствие этого работы по изучению суходольного риса были прекращены. За истекший срок технологии выращивания других культур претерпели значительные изменения и усовершенствования, вследствие чего работы по изучению полива риса без затопления продолжают. Согласно базе данных ЦНСХБ [9], изучение суходольного риса в настоящее время широко практикуется, особенно в странах Африки и Латинской Америки. Особый интерес представляет исследование вопросов выращивания риса без затопления в северных районах зоны рисосеяния Европейской части РСФСР. Такие исследования проводятся как в условиях аридной зоны Калмыкии, так и Волгоградской области [10, 11]. Несмотря на это, рис у нас в стране продолжают выращивать исключительно в чеках. Технология возделывания периодически орошаемого риса, позволяющая перейти к производству в промышленных масштабах, не разработана.

Автор статьи в 1989-1994 гг. принимал участие в работах по отбору и изучению маловодотребовательных (суходольных) сортов риса, изыскании технологических приемов их выращивания. Работы проводились сотрудниками ВНИИГиМ на территории Калмыцкой опытно-мелиоративной станции, пос. Большой Царын Калмыцкой АССР. На первом этапе работ было произведено размножение и изучение суходольного сорта риса Белый СКОМС, причем уборка урожая на площади около 4-х га велась комбайном. Следующим этапом было изучение коллекции сортов и сортообразцов маловодотребовательного риса (108 шт.), полученных в ВИР. Эталонном служил сорт риса Белый СКОМС.

Пригодность сорта для выращивания на орошении определялась путем сравнения данных по структуре урожая, полученных исходя из требований методики ВИР [12]. Так как каждый сорт (сортообразец) изначально составлял 300 семян, в дальнейшем проводилось размножение перспективных образцов.

В середине 90-х работы были приостановлены вследствие прекращения финансирования. Однако на основании полученных данных, приобретенного опыта можно определить принципы возделывания риса при дождевании в северных районах зоны рисосеяния, которые окажутся полезными современным разработчикам технологии промышленного возделывания маловодотребовательного риса.

**Требования к сорту.** Сорта риса различаются по водотребовательности в значительной степени. Существует методика ВИР [13], позволяющая определить степень водотребовательности риса по ряду показателей. Необходимо отметить, что из 108 исследованных сортов, только один сорт (венгерский сорт Н-561), по водотребовательности был ниже сорта Белый СКОМС (то есть более приспособлен к выращиванию без затопления). Без затопления прекрасно растут многие сорта риса, однако зерна у таких, выбранных наугад, сортов, практически всегда бывают щуплыми. Эталоном при испытании сортов необходимо использовать сорт Белый СКОМС.

Так как северные районы зоны рисосеяния Европейской части РСФСР отличаются резко континентальным климатом, следует учитывать, что на затопленном водой чеке сумма эффективных температур всегда будет выше, чем на суходоле. Сказывается термостатический эффект большой массы воды. Вследствие этого, длительность вегетации риса, определенная при возделывании на чеке, при выращивании в условиях периодических поливов следует увеличивать на 10-12 суток. Поэтому среднеспелые сорта всегда будут давать щуплые семена. Необходимо проводить испытания только раннеспелых сортов.

**Полив.** При поливе дождеванием маловодотребовательного риса норма полива превышает общепринятую в 4-5 раз. При этом необходимо избегать поверхностного стока. В нашем случае применялась дождевальная машина «Волжанка». Каждая позиция дождевальной машины была обвалована плантажным плугом, что позволяло избежать поверхностного стока, а при переходе на новую позицию колеса «Волжанки» плавно перекачивались через невысокий (порядка 20 см) вал. При использовании других дождевальных машин должны быть разработаны приемлемые способы устранения поверхностного стока.

**Технология.** Главный принцип - технологию выращивания необходимо разрабатывать под сорт, а не искать сорт под существующую технологию. В процессе работы по отбору приемлемого сорта устанавливается длительность вегетации в целом, межфазных периодов, к которым привязываются сроки и нормы поливов, внесения гербицидов, минеральных удобрений и т.д. Очень важно при возникновении щуплости семян (основная беда маловодотребовательного риса) еще на ранних этапах отбора установить причину нежелательного явления и принять меры по его устранению или отказаться от дальнейших испытаний данного сорта (сортообразца).

Не противопоставляя выращивание риса на поливе возделыванию культуры со слоем воды, следует отметить, что в рисосеющих регионах с острым водным дефицитом сочетание двух указанных методов дало бы ощутимые результаты.

#### **Список использованных источников**

1. Величко Е. Б., Шумакова К. П. Полив риса без затопления. – М., : «Колос», 1972, - 88 с.
2. Розин С. Я. Культура незатопляемого риса на Украине. В кн. Труды Одесского сельскохозяйственного института. Одесса, 1948 г., т. 5, с. 107-113.
3. Щупаковский В. Ф. О культуре маловодотребовательных (суходольных) сортов риса в Узбекистане. – Социалистическое хозяйство Узбекистана, 1949 г., № 3, с. 76-80.
4. Абраменко В.Г. Возделывание риса при периодических поливах в северной части Волго-Ахтубинской поймы. Автореф. Канд. с-х. н., - Сталинград, 1960, - 21 с.
5. Щербина М. В. Об изучении и подборе сортов риса для периодического орошения на юге УССР. – В кн. Труды всесоюзного селекционно-генетического ин-та, Одесса, 1959г., вып. 4, с. 111-121.
6. Соколова И. И. Каталог-справочник мировой коллекции. Рис. Ленинград, 1962, вып. 7, 51 с.
7. Степаненко П. С. Опыт борьбы с сорняками риса при периодических поливах. – В кн. Труды Киргизского СХИ. - Фрунзе, 1957 г., т.1, вып. 10, с. 69-76.
8. Шевченко Н. Я. Влияние температурных условий на развитие суходольного риса. – В кн. Труды Одесского гидрометеорологического института. Одесса, 1957, вып. 11, с. 97-104.
9. ФГБНУ «Центральная научная сельскохозяйственная библиотека». <http://www.cnshb.ru/elbib.shtml>(дата обращения 22.01.2017).
10. Шабанов Р.М. "Технология возделывания риса при дождевании в условиях аридной зоны Калмыкии"Автореф. Канд. с-х. н., - М., 2016, - 24 с.
11. Водный режим почвы при капельном орошении риса [vfermer.ru/Рубрики/...-orosheniirisa.html](http://vfermer.ru/Рубрики/...-orosheniirisa.html) (дата обращения 22.01.2017).
12. Методы опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян риса. ВНИИ риса, Краснодар, 1972г., 156 с.
13. Методические указания по изучению мировой коллекции риса и классификатор Юда. Изд-во ВИР, Ленинград, 1982 г., 34 с.

УДК 631.6/635

## **РАЗВИТИЕ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН**

**И.А. Каюмов, М.М. Хисматуллин, М.М. Хисматуллин**

ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Республике Татарстан», г. Казань, Россия

Засухи последних лет и нанесенный ими агрокомплексу страны ущерб показали необходимость восстановления, реконструкции и дальнейшего развития орошаемого земледелия как надежного средства противостояния аномальным проявлениям климата в Республике Татарстан.

В Республике Татарстан в последние годы реализовывались федеральные и республиканские целевые программы по мелиорации земель в результате чего с 2011 года реконструировано более 30 тыс. гектаров орошаемых земель, отремонтировано более 360 гидротехнических сооружений. В республике в разные

годы построены и введены в эксплуатацию 823 гидротехнических сооружений. На действующих гидротехнических сооружениях ежегодно проводятся противопаводковые мероприятия. Благодаря проделанной работе, мелиораторы республики совместно с сельскохозяйственными производителями полностью обеспечили свои потребности в картофеле и овощах с действующих оросительных систем.

С 2012 года реализуется долгосрочная целевая программа «Мелиоративные работы по восстановлению гидротехнических сооружений в Республике Татарстан на 2012-2014 годы». В период с 2015 по 2017 годы восстановление гидротехнических сооружений проводилось в рамках подпрограммы «Развитие мелиорации...» Государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Республике Татарстан на 2013-2020 годы». Основными направлениями целевой программы являются восстановление гидротехнических сооружений, строительство, реконструкция, переустройство оросительных систем и обеспечение оросительных систем высокопроизводительными, широкозахватными, электрифицированными дождевальными машинами кругового действия «Казанка» III.

За период с 2012 по 2017 годы в Республике Татарстан по долгосрочной целевой программе на проведение работ по капитальному ремонту и реконструкции гидротехнических сооружений было выделено из бюджета 567,6 миллионов рублей, которые были использованы для ремонта и ввода в эксплуатацию 305 гидротехнических сооружений. Благодаря проделанной работе, восстановлены аварийные гидротехнические сооружения. В текущем 2017 году запланировано отремонтировать 58 гидротехнических сооружений [2]. Ресурсное обеспечение долгосрочной целевой программы в период 2012-2017 года составило от 88 до 110 млн. рублей в год, что позволило восстанавливать ежегодно от 43 до 73 гидротехнических сооружений [3]. Средняя стоимость ремонтно-восстановительных работ одного гидротехнического сооружения составляет – 2,4 млн. рублей, а строительство нового гидротехнического сооружения или восстановление разрушенного – более 15 млн. рублей [4].

Отремонтированные гидротехнические сооружения позволяют дополнительно использовать 127,2 млн. м<sup>3</sup> воды для полива сельскохозяйственных культур, а также сохранить сельскохозяйственные земли от воздействий водной эрозии на площади 44,7 тыс. га.

Республика Татарстан расположена в зоне неустойчивого увлажнения, где во время вегетационного периода проявляется 3-4 года из каждых 10 с ощутимой нехваткой увлажнения, а если учесть и весенние засухи, наносящие весьма ощутимый вред сельскому хозяйству, то засушливыми оказываются 5-6 и более лет из 10. В обычные по увлажнению годы продуктивность орошаемого гектара в 2,5-3,0 раза превышает продуктивность богарного гектара, а в засушливые годы с поливного гектара получают кормовых корнеплодов в 3-4 раза, сеяных трав и картофеля в 3-5 раз больше, чем с богарного гектара. Средняя урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур на орошаемых

участках существенно превышает их урожайность по сравнению с богарным земледелием (таблица 1).

Таблица 1 - Урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур

Сельхозкультура	Урожайность, т/га		
	на богаре	при поливе	
		средняя	максимальная
Зерновые	2,2	5,5	<b>8,4</b>
Кормовые	2,1	5,8	<b>8,0</b>
Овощи	0	55,0	<b>100</b>
Картофель	13,0	35,0	<b>86,0</b>

Ряд хозяйств, благодаря республиканской программе развития мелиорации, приобрели современную поливную технику и успешно занимаются выращиванием сельскохозяйственных культур на оросительных системах. Урожайность картофеля при поливе составила: в Арском районе ООО «Кырлай» - урожайность 300-450 ц/га и ООО «Ак барс Агро» - 350-400 ц/га; ЗАО «Бирюли» Высокогорского района - 300-500 ц/га; СХП им. Вахитова Кукморского района - 280-320 ц/га; КХ «Земляки» Нижнекамского района - 350-400 ц/га. Для гарантированного обеспечения населения республики продуктами питания первой необходимости по экспертным оценкам необходимо иметь не менее 100 тыс. га орошаемых земель.

В конце 2013 года принята федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы». В республике принята аналогичная программа развития мелиорации земель. По двум программам до 2020 года планируется восстановить 35 тыс. га орошаемых земель, проведение культуротехнических и лесомелиоративных работ на площади более 20 тыс. га.

#### Список использованных источников

1. Постановление правительства Российской Федерации № 13 от 15 января 2015 г. «О федеральной программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы.» М.: 209 с.
2. Каюмов И.А., Броднев Р.Е. Результаты работы ФГБУ «Управление «Татмелиоводхоз» в 2016 году. Тезисы докладов Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства. Казань. 2017-С. 184, 185.
3. Каюмов И.А., Егена А.А. Ресурсное обеспечение мелиорации Республики Татарстан в 2016 году. Тезисы докладов Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства. Казань. 2017-С. 185.
4. Каюмов И.А., Носов А.Е. Структура финансирования мелиоративных программ в 2016 году в Республике Татарстан. Тезисы докладов Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства. Казань. 2017-С. 185.

УДК. 504.06, 631.6.03, 631.67

## **ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОСТАВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ**

**Е.А. Лентяева, И.В. Федотова**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В настоящее время широко обсуждается Стратегия развития сельскохозяйственных мелиораций, которая основывается на выполнении действующей программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на период 2014-2020 гг.» [1] и «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы» [2]. Стратегическая цель развития сельскохозяйственных мелиораций заключается в определении путей и способов увеличения производства сельскохозяйственной продукции, повышения конкурентоспособности, рентабельности и устойчивости сельскохозяйственного производства средствами комплексной мелиорации в изменяющихся природных и хозяйственных условиях за счет эффективного использования ресурсов, повышения продукционного потенциала земель для обеспечения продовольственной безопасности страны.

Для реализации положений проекта Стратегии необходимо осуществить ряд мероприятий, направленных на развитие инновационной деятельности в мелиорации, в т. ч.: развитие и внедрение инновационных способов, методов и технологий комплексных мелиораций, обеспечивающих создание мелиоративных систем нового поколения. Мелиоративные системы преимущественно должны иметь замкнутый водооборот, ресурсосберегающие способы орошения (капельное, аэрозольное и другие способы малообъемного орошения), орошение животноводческими стоками, многоцелевое использование высокоэффективных технологий, прогрессивные конструкции и технические средства, что позволяет экономить водные ресурсы на 25-30% [3].

Одним из принципов создания мелиоративных систем нового поколения является комплексность мелиоративного воздействия на все элементы ландшафта [4]. Существующие мелиоративные технологии направлены, как правило, только на повышение продуктивности сельскохозяйственных земель, без учета компенсирующих мероприятий по нейтрализации негативных последствий антропогенной деятельности в пределах ландшафта. Объектом негативного воздействия функционирования мелиоративных систем являются водные объекты. В водоисточнике претерпевают изменения гидрологические, гидрогеологические, инженерно-геологические процессы. Нагрузку обуславливает забор воды из водного объекта на нужды орошения, что приводит к уменьшению запасов в нем воды, понижению уровня и, как следствие, снижению качества воды за счет интенсификации грунтовых вод.

Также значительный вред водному объекту наносит сброс дренажно-сбросных вод ненадлежащего качества. Сельское хозяйство является как локальным, так и диффузионным источником загрязнения водных объектов. Динамика сброса основных загрязняющих веществ в составе сточных вод, по данным Росстата, показана на рисунке.

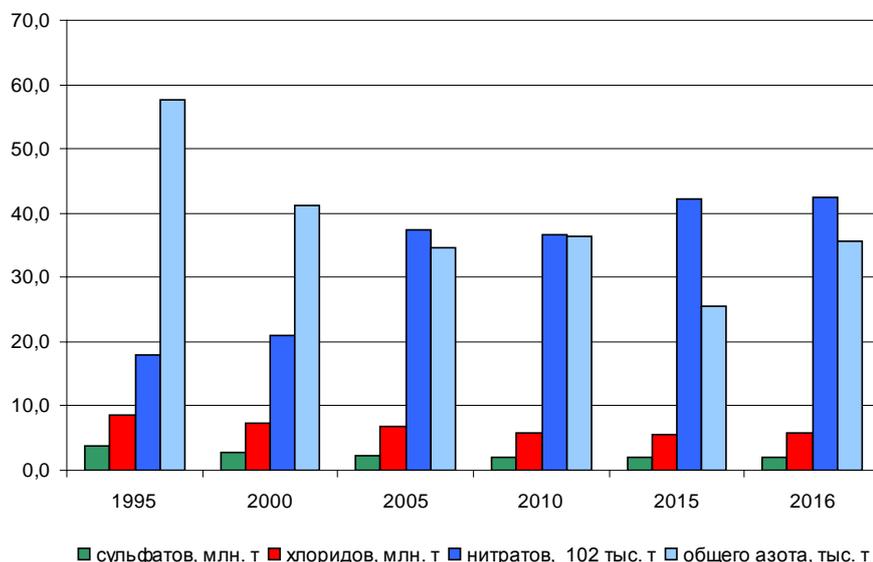


Рисунок - Динамика сброса основных загрязняющих веществ в составе сточных вод

Поскольку мелиоративная отрасль в сельском хозяйстве характеризуется как наиболее водоемкая, (на нужды орошения – как основного водопотребителя в сельском хозяйстве по данным Государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды в 2015 г. было израсходовано 6,78 млрд м<sup>3</sup> [5], что составляет почти 95%), то разработка мелиоративных технологий и мероприятий, приводящих к снижению водопотребления и сбросов коллекторно-дренажных вод, является важной проблемой, требующей постоянного внимания. Один из путей решения этих проблем - регламентированный ввод в состав мелиоративных систем дополнительных технологических элементов, обеспечивающих водоподготовку оросительной воды и очистку дренажных и сбросных вод гидромелиоративных систем.

Основной целью разработок является очистка водных ресурсов от загрязнений физико-химическими или биологическими способами с получением максимальной экономической эффективности [6]. И согласно ФЗ №4-ФЗ "О мелиорации земель" в состав оросительной системы входят: водохранилища, водозаборные и рыбозащитные сооружения на естественных или искусственных водоисточниках, отстойники, насосные станции, оросительная, водосборно-сбросная и дренажная сети, нагорные каналы, сооружения на сети, поливные и дождевальные машины, установки и устройства, средства управления и автоматизации, контроля за мелиоративным состоянием земель, объекты электро-снабжения и связи, противоэрозионные сооружения, производственные и жилые здания эксплуатационной службы, дороги, лесозащитные насаждения, дам-

бы [7]. На наш взгляд, в нормативно-техническую документацию, следует внести дополнения, касающиеся экологического аспекта функционирования мелиоративных систем. В частности, в перечень состава сооружений мелиоративной сети ввести как обязательные – объекты (технические элементы) для очистки оросительной и дренажно-сбросных вод.

Кроме того, имеется настоятельная необходимость в разработке справочников наилучших доступных технологий (НДТ) для сельскохозяйственной отрасли. В Российской Федерации в настоящее время отсутствуют справочные документы по наилучшим доступным технологиям в мелиоративной отрасли в отличие от других отраслей народного хозяйства, в которых содержатся описания производственных процессов (технологий, методов), начиная с выбора сырья и материалов и заканчивая отправкой готовой продукции, которые считаются НДТ для рассматриваемых категорий предприятий. Разработка справочника по мелиоративной отрасли позволит существенно облегчить выбор и обоснование структурных элементов по управлению качеством оросительных и дренажно-сбросных вод, что обеспечит внедрение ресурсосберегающих технологий орошения, очистки и использования дренажно-сбросных вод с гидромелиоративных систем (ГМС) [8].

Следует отметить, что на сегодняшний день уже существуют и продолжают разрабатываться перспективные технологии и технические средства для очистки оросительных и дренажно-сбросных вод гидромелиоративных систем, которые отвечают требованиям по включениям в справочник НДТ, сбор и систематизация которых послужит базой для создания Справочника НДТ для мелиоративной отрасли.

### **Выводы**

Таким образом, на начальных этапах проектирования мелиоративных систем нового поколения и при реконструкции уже существующих особую актуальность приобретают вопросы снижения водозабора для нужд орошаемого земледелия и контроля качества оросительных и дренажно-сбросных вод, что может быть реализовано путем включения в их состав новых конструктивных элементов и технических решений.

Использование концепции НДТ, направленной на комплексное предупреждение и снижение загрязнений окружающей среды в процессе эксплуатации ГМС, представляется перспективным направлением в нашей стране.

Развитие мелиорации путем создания мелиоративных систем нового поколения и внедрение природоохранных технологий, используя справочники НДТ, обеспечат условия для перехода к устойчивому функционированию АПК и продовольственную независимость нашей страны.

### **Список использованных источников**

1. Программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на период 2014-2020 гг.» / <http://mcx.ru/activity/state-support/programs/melioration-development/>
2. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы" / <http://mcx.ru/activity/state-support/programs/program-2013-2020>

3. Щедрин В.Н., Балакай Г.Т., Перельгин А. И., Докучаева Л.М., Андреева Т. П., Балакай Н.И. Стратегия инновационного развития мелиоративного комплекса России на период 2012-2020 годы. /Новочеркасск 2011. 48с.
4. Кирейчева Л.В. концепция создания устойчивых мелиоративных ландшафтов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 1997. № 5. С. 51-55.
5. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в 2015 г. / <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1996>
6. Лентяева Е.А. Обоснование применения технических решений для повторного использования дренажно-сбросных вод. // Сборник: Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства в России Материалы международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). 2013. С. 511-514.
7. Федеральный закон от 10 января 1996 г. N 4-ФЗ "О мелиорации земель" с изм. от 5 апреля 2016 г.
8. Лентяева Е.А. Предложение технологии для справочников ндт по очистке и использованию дренажно-сбросных вод. //Сборник: Комплексные мелиорации - средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель Материалы юбилейной международной научно-практической конференции. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова». 2014. С. 371-378.

УДК 502/504:631. 631.6: 542.83

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ВОДНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ**

**В.П. Максименко, С.А. Меньшикова**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Большая часть сельскохозяйственных угодий территории России находится в зоне рискованного земледелия с неустойчивым увлажнением. За последние годы участились случаи продолжительного выпадения избыточного количества осадков, чередующиеся с засушливыми периодами. Устройство оросительных и осушительных систем, в составе комплексных мелиораций, позволяет регулировать водное питание растений и минимизировать риски.

Вместе с тем большое значение для растениеводства имеют торфяные болотные почвы, занимающие в общей сложности более 20% площади России. Торф богат азотом, гуминовыми кислотами и является пригодным сырьем для получения органических, органоминеральных удобрений, хорошего материала для приготовления широкого набора продукции для тепличных, садово-огородных хозяйств. Однако, несмотря на большие запасы, торф является исчерпаемым ресурсом, расходование которого необходимо вести рационально.

Устройство осушительно-увлажнительных систем и интенсивное выращивание пропашных культур на торфяных почвах приводят к усилению минерализации торфа с последующей его деградацией. С повышением степени минерализации ухудшаются питательные и водно-воздушные свойства торфа, снижается его плодородие. В этих условиях утрачиваемые природные качества торфа целесообразно заменить искусственными. Это возможно осуществить внесением структурирующих препаратов широкого спектра действия.

Существует большое количество веществ, способных оказывать на почву удобрительное и структурирующее воздействие. Эти вещества имеют известное химическое строение, что позволяет в той или иной степени прогнозировать их влияние на почву. Кроме того, некоторые разновидности продуктов синтеза полимерных материалов с органоминеральными веществами, обладающие свойством постепенного высвобождения элементов питания, позволяют использовать их для длительного обеспечения растений питательными веществами, то есть выступают в качестве комплексных медленнодействующих удобрений [4; 7]. Исследования в данной области ведутся с середины XX века и имеют большие перспективы.

Многочисленные научные изыскания подтвердили, что применение синтетических удобрений на основе полимерных материалов позволяет конструировать почвы с заданными технологическими характеристиками, дающими возможность обеспечить устойчивость земледелия на объектах с повышенной техногенной нагрузкой. Об этом говорится в работах Поясова Н.П. [5], Батюка В.П. [1], Кульмана А.Г. [2], Смагина А.В. [6] и многих других авторов. За последние десятилетия были созданы и апробированы десятки тысяч различных полимерных препаратов, но по эколого-экономическим причинам лишь некоторые нашли практическое применение в сельском хозяйстве.

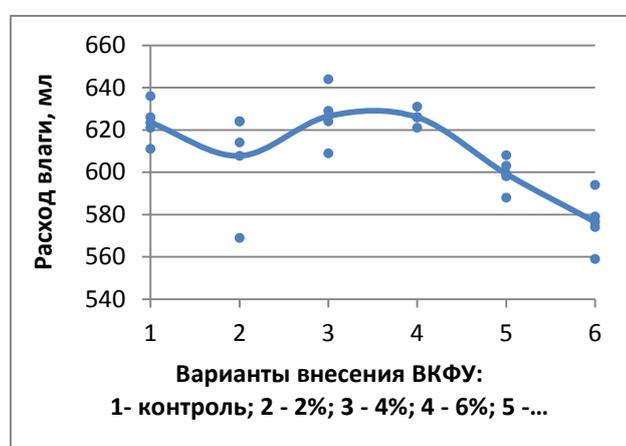
Инновационным направлением в совершенствовании способов управления водным режимом почв при оптимизации водного питания растений на мелиоративных системах является применение различных полимерных веществ, различающихся по принципу и периоду действия, химическому составу и способам внесения. Они могут быть на основе гидрогелей, гидрофильных поверхностно-активных веществ, а также пенопластов.

Одним из таких препаратов, оказывающих длительное положительное влияние на водно-воздушный режим почвы, является вспененное карбамидоформальдегидное удобрение (ВКФУ), разработанное сотрудниками ВНИИГиМ и прошедшее большое количество апробаций на территории России [3]. Препарат, прототипами которого являются мочевино-формальдегидные удобрения, имеет открытоячеистую мезопористую структуру с содержанием открытых пор не менее 85% и обладает значительной водоудерживающей способностью (водопоглощение 3300...4000% от массы). Кроме того, в составе препарата содержится не менее 30% азота в медленно растворимой форме, что позволяет использовать его в качестве медленнодействующего удобрения.

Исследования по изучению влияния данного препарата на повышение водоудерживающей способности проводились на торфяно-болотной почве Яхромской поймы. Главными особенностями участка, обусловившими его выбор, являются наличие осушительно-увлажнительной системы и использование интенсивных технологий выращивания сельскохозяйственных культур. Двустороннее регулирование позволяет управлять водным режимом объекта. Однако использование интенсивных технологий приводит к существенному выносу питательных веществ и минерализации торфа. Для изучения влияния ВКФУ на водно-тепловой режим почвы были заложены вегетационные опыты в от-

крытом и защищенном грунте, с растениями и без них. В ходе эксперимента было выявлено, что с увеличением дозы внесения ВКФУ испаряемость снижалась, а для полива требовалось меньшее количество влаги.

На рисунке представлены диаграммы суммарной испаряемости поливной воды с поверхности торфяного субстрата и её оттока на транспирацию растениями (а) и расход влаги на испарение с поверхности без растений (б) по вариантам. Измерения велись весовым методом по 6 вариантам в четырёхкратной повторности. Увеличение испаряемости в вариантах внесения ВКФУ в количестве 4, 6 и 8% от объёма субстрата - рисунок а) - связано с активным потреблением растениями влаги. В этих вариантах был получен наибольший прирост урожайности, тогда как в контрольном варианте без внесения препарата урожайность была наименьшей, и транспирация шла не столь интенсивно. В условиях свободного оттока мелиорант ВКФУ создает дополнительный запас влаги доступной растениям, задерживая её в корнеобитаемом слое.



а)

б)

Рисунок – а) расход влаги на испарение с поверхности субстрата и транспирацию растениями; б) расход влаги на испарение с поверхности (л)

Механизм удержания влаги в почве напрямую зависит от гранулометрического состава и структурного состояния почвенного субстрата. Благодаря наличию большого количества открытых пор в структуре препарата ВКФУ всасывающая сила, возникающая в ячейках, удерживает влагу в поропласте, следовательно, и в почве. Взаимодействие между растением и влагой, содержащейся в почвенном субстрате, происходит через корни и корневые волоски. Поперечник корневых волосков равен приблизительно 0,01 мм. Большинство почвенных пор имеют меньший диаметр, в силу чего даже тонкий корневой волосок не может добраться до влаги, заключенной в таких порах. Основное количество открытых ячеек (пор), удерживающих влагу в поропласте в поперечном сечении имеют размер 0,1...0,5 мм. Корневые волоски способны свободно проникать в эти ячейки, извлекая из них влагу и поглощая биофильные вещества. Продуктивный запас влаги, формирующийся в полимере в условиях сво-

бодного оттока, способствует увеличению урожайности возделываемых культур.

Таким образом, применение препарата ВКФУ позволяет в той или иной степени управлять водно-воздушными, водоудерживающими, поглотительными свойствами и пористостью, что создаёт уникальные условия для корнеобитаемой среды, а также быстрого роста и развития растений.

#### **Список использованных источников**

1. Батюк В.П. Применение полимеров и ПАВ в почвах [Текст] / В.П. Батюк. - М.: Наука, 1978. - 244 с.
2. Кульман А.Г. Искусственные структурообразователи почвы [Текст] / А.Г. Кульман. - М.: Колос, 1982. - 158 с.
3. Максименко В.П. Перспективы восстановления почвенного плодородия с использованием искусственно создаваемых субстратов [Текст] / В.П. Максименко, С.А. Меньшикова, С.Ю. Деев // Природообустройство. – 2017. - № 3. – С. 61 – 69.
4. Пироговская Г.В. Медленнодействующие удобрения [Текст] / Г.В. Пироговская / Белорусский НИИ почвоведения и агрохимии. - Минск, 2000. - 287 с.
5. Поясов Н.П. Роль полимеров в повышении плодородия почв [Текст] / Н.П. Поясов, О.А. Агафонова // Земледелие. - 1961. - № 12. – С. 70 - 73.
6. Смагин А.В. Влияние сильнонабухающих полимерных гидрогелей на физическое состояние почв легкого гранулометрического состава [Текст] / А.В. Смагин, Н.Б. Садовникова. – М.: МАКС Пресс, 2009. – 206 с.
7. Ягодин Б.А. Агрохимия [Текст] / Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский и др. - М.: Агропромиздат, 1989. - 639 с.

УДК 631.67

## **ПРОДУКТИВНОСТЬ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ**

**Е.Е. Михайлова**

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, Россия

Агроклиматические условия Волгоградской области определяют орошение решающим фактором в системе агротехнологических приемов возделывания овощных культур. В зависимости от способа орошения изменяются затраты оросительной воды, свойства почв и продуктивность растений. Поэтому на посевах столовой свеклы, поливная площадь которой составляет 360 га, перспективно применение капельного орошения [1, 2, 3]. Научная работа основана на полевых и лабораторных исследованиях, выполненных в Волгоградской области - ОАО «Престиж» Ленинского района в 2010-2015 гг.

Целью исследований является обоснование режимов капельного орошения и минерального питания столовой свёклы в почвенно-климатических условиях Нижнего Поволжья, обеспечивающих при поддержании водного и питательного режимов получение до 90 т/га корнеплодов стандартного качества.

Схемой опыта было предусмотрено два экспериментальных варианта: фактор А – водный режим почвы. Были изучены три уровня поддержания порога предполивной влажности почвы с использованием системы капельного оро-

шения:  $A_1$  – поддержание порога предполивной влажности почвы в слое 0,4 м, на уровне 70 % НВ в течение вегетационного периода столовой свеклы;  $A_2$  – на уровне 80 % НВ;  $A_3$  – на уровне 90 % НВ. Фактор В – пищевой режим почвы, также были рассмотрены три варианта доз внесения удобрений, рассчитанных на получение трёх различных уровней урожайности столовой свеклы:  $B_1$  – внесение минеральных удобрений дозой  $N_{30}P_{70}K_0$ , рассчитанной на формирование 50 т/га корнеплодов столовой свеклы;  $B_2$  – дозой  $N_{80}P_{110}K_{90}$ , рассчитанной на формирование 70 т/га корнеплодов столовой свеклы;  $B_3$  – дозой  $N_{130}P_{150}K_{180}$ , на формирование 90 т/га.

Исследования проводились на посевах столовой свеклы гибрида Ронда F1. На всех вариантах опыта рельеф, почвенные, гидрологические условия были идентичными. Для исключения влияния почвенных разностей опыты закладывались в четырехкратной повторности методом расщепленных делянок. Площадь одного организованного повторения - 0,25 га. Площадь единичной делянки, включающей сочетание двух исследуемых факторов - 80 м<sup>2</sup>. При выращивании столовой свеклы применялась 4-х строчная ленточная схема размещения растений посевом 550 000 семян/га. Посев осуществлялся 1 июня вакуумной сеялкой «Gaspardo». Для полива применяли набор капельного оборудования компании «Eurodrip». Дистанция между капельницами 0,3 м, расход воды одной капельницы 1,6 л/час [4].

По обеспеченности осадками 2010 год близок к среднегодовым нормам и характеризовался как засушливый, 2011 и 2012 годы - влажные, годовое количество осадков 344 мм и 225 мм соответственно, 2015 г. - как очень сухой, однако ночи были прохладные. С учетом водно-физических свойств почвы и локального характера ее увлажнения на участке для поддержания предполивной влажности 70 % НВ поливы проводили поливной нормой 250 м<sup>3</sup>/га, 80 % НВ – 190 м<sup>3</sup>/га, 90% НВ – 110 м<sup>3</sup>/га.

Анализ данных таблицы показывает, что наибольшее количество поливов (29,7) и оросительная норма (3300 м<sup>3</sup>/га) были на варианте 3 (90 % НВ). На других вариантах количество поливов и оросительная норма снижались: на варианте 2 (80 % НВ) до 18 и 3566 м<sup>3</sup>/га, на варианте 1 – до 12,6 и 3320 м<sup>3</sup>/га соответственно. На динамику роста площади листьев столовой свеклы влияли условия водного питания растений и пищевой режим почвы.

Использование расчетных доз минеральных удобрений обеспечило формирование статистически достоверного урожая по изучаемым вариантам. Внесение удобрений дозой  $N_{130}P_{150}K_{180}$  при влажности почвы 90 % НВ в расчетном слое 0,4 м способствовало в 2010 г. наибольшему значению (78,6 т/га), (НСР<sub>05</sub>–3,17) получения корнеплодов столовой свеклы, в 2011 г. – 81,3 т/га (НСР<sub>05</sub>–3,11), в 2012 г. – 83,7 т/га (НСР<sub>05</sub>–2,85), в 2014 г. – 80,0 т/га (НСР<sub>05</sub>–3,21) и 84,3 т/га (НСР<sub>05</sub>–3,37) – в 2015 г.

Таблица 1 – Эксплуатационные режимы капельного орошения столовой свеклы

Вариант водного режима почвы, % НВ	Год исследований	Припосевной полив, м <sup>3</sup> /га	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Межфазный период										Всего поливов за вегетацию (кратность поливов),	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
				Посев-всходы		Всходы -5лист		5 лист-формирование корнеплода		Формирование корнеплода - начало технической спелости		Техническая спелости - уборка			
				Количество поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Количество поливов,	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Количество поливов,	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Количество поливов,	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Количество поливов,	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га		
70	2010	110	250	0	0	1	250	1	250	8	2000	3	750	13	3660
	2011	110	250	1	250	1	250	3	750	6	1500	1	250	12	3110
	2012	110	250	0	0	1	250	4	1000	5	1250	3	750	13	3360
	2014	110	250	0	0	1	250	3	750	6	1500	3	750	13	3360
	2015	110	250	0	0	1	250	3	750	5	1250	3	750	12	3110
	<i>средн</i>	<i>110</i>	<i>250</i>	<i>1</i>	<i>250</i>	<i>1</i>	<i>250</i>	<i>2,8</i>	<i>700</i>	<i>6</i>	<i>1500</i>	<i>2,6</i>	<i>650</i>	<i>12,6</i>	<i>3320</i>
80	2010	110	190	1	190	2	380	2	380	10	1900	3	570	18	3530
	2011	110	190	1	190	2	380	4	760	9	1710	2	380	18	3520
	2012	110	190	0	0	2	380	4	760	7	1330	5	950	18	3530
	2014	110	190	1	190	2	380	4	760	7	1330	5	950	18	3720
	2015	110	190	0	0	1	190	5	950	7	1330	5	950	18	3530
	<i>средн</i>	<i>110</i>	<i>190</i>	<i>1</i>	<i>190</i>	<i>1,8</i>	<i>342</i>	<i>3,8</i>	<i>722</i>	<i>8</i>	<i>1520</i>	<i>4</i>	<i>760</i>	<i>18</i>	<i>3566</i>
90	2010	110	110	1	110	3	330	3	330	20	2200	8	880	35	3960
	2011	110	110	2	220	3	330	10	1100	16	1760	4	440	35	3960
	2012	110	110	1	110	3	330	8	880	13	1430	9	990	34	3850
	2014	110	110	2	220	3	330	7	770	16	1760	9	990	37	4180
	2015	110	110	0	0	2	220	9	990	13	1430	10	1100	34	3850
	<i>средн</i>	<i>110</i>	<i>110</i>	<i>1,5</i>	<i>165</i>	<i>2,33</i>	<i>256,7</i>	<i>6,17</i>	<i>678,3</i>	<i>13</i>	<i>1430</i>	<i>6,7</i>	<i>733,</i>	<i>29,7</i>	<i>3300</i>

### Список использованных источников

1. Бородычев, В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур: Научное издание. – Коломна: Радуга, 2010, - 241 с.
2. Кизяев, Б.М. Перспективные разработки в области капельного орошения / Б.М. Кизяев, В.В. Бородычев, В.М. Гуренко, А.В. Майер// Пути повышения продуктивности орошаемых агроландшафтов в условиях аридного земледелия. Сб. научных трудов, ПНИИАЗ, 2012. – С. 78-86.
3. Колганов, А.В., Мелиорация в Волгоградской области /В.В. Бородычев, И.И. Конторович, С.В. Умецкий // М.: ГУ ЦНТИ «Мелиовоинформ», 2001. – 56 с.
4. Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов // – ВНИИ овощеводства, М., 2011. – 648 с.

УДК 631.6:556.13

## О ПРЕОБРАЗОВАНИИ ФОРМУЛ РАСЧЕТА ИСПАРЯЕМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА К ТЕМПЕРАТУРАМ ИСПАРЯЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

**В. А. Павлущенко**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. Костякова», Москва, Россия

Известно, что величина испарения в немалой степени зависит от температуры испаряющей поверхности. Однако почти во все формулы расчета испаряемости входит температура воздуха. Это приводит к тому, что если испаряющие поверхности имеют разные температуры при одной и той же температуре воздуха, то испарение для них будет одинаковым, что неверно. Следовательно, нужно вывести формулы, связывающие температуру испаряющей поверхности с испарением или испаряемостью. В настоящее время такие формулы в отечественной литературе отсутствуют. В связи с этим, мы предлагаем преобразовать существующие формулы посредством замены температуры воздуха на температуру испаряющей поверхности:

$$t_{\text{воз}} = t_{\text{пов}} \pm \Delta, \quad (1)$$

где:  $t_{\text{воз}}$  - температура воздуха;  $t_{\text{пов}}$  - температура испаряющей поверхности;  $\Delta = \pm (t_{\text{воз}} - t_{\text{пов}})$  - разность между температурой воздуха и температурой испаряющей поверхности.

Тогда, например, формула испаряемости Х.Ф. Блейни и В.Д. Криддла примет вид:

$$E_0 = n [0,46(t_{\text{пов}} \pm \Delta) + 8,13] k_{\sigma}, \quad (2)$$

$E_0$  – испаряемость;  $n$  – средняя суточная продолжительность дневного времени;  $k_{\sigma}$  – поправочный коэффициент; остальные обозначения такие же, как и формуле (1), а формула Н.Н. Иванова преобразуется в следующее выражение:

$$E_m = 0,0018 [25 + (t_{\text{вод}} \pm \Delta)]^2 (100 - a), \quad (3)$$

где:  $E_m$  - испаряемость за месяц;  $t_{\text{вод}}$  - средняя температура поверхности воды за месяц;  $a$  - относительная влажность воздуха за месяц;  $\Delta = \pm (t_{\text{воз}} - t_{\text{вод}})$  разность между температурой воздуха и температурой воды.

Из формулы (3) после несложных преобразований получим:

$$t_{\text{вод}} = \sqrt{E_m / 0,0018 (100-a) - 25 \mp \Delta} \quad (4)$$

Исследуем выражение (4). Если  $\Delta=0$ , тогда температура воздуха равна температуре воды и (4) превращается в исходную формулу Иванова. Когда температура воды иная, чем воздуха в формуле (3), но испарения с водной поверхности одинаковые, тогда формула (3) превращается в тождество. Если  $\Delta > 0$ , то температура воздуха больше температуры воды, что в подавляющем большинстве мы и наблюдаем летом на водоемах. При  $\Delta < 0$  температура воды больше температуры воздуха. Такая ситуация имеет место на песчаных пляжах у воды или на оголенной и увлажненной поверхности почвы. В солнечную погоду при  $t_{\text{воз}} = 30^\circ\text{C}$  температура поверхности торфяников может достигать  $t_{\text{пов}} = 65^\circ\text{C}$ , то есть быть больше величины температуры воздуха в 2 раза.

Существенным нагревом в солнечную погоду скелета почвы, а от него и находящейся в нем влаги, и меньшим нагревом поверхности воды из-за ее большей отражательной способности и значительной теплоемкости объясняется причина того, что иногда испаряемость с оголенной поверхности может быть больше, чем с водной. Зато накопленное тепло, водоемы отдают в осенне-зимний период. На наш взгляд, в случае тождества, формулу испаряемости Иванова (3) с некоторыми поправками можно применить и к расчету испаряемости с оголенных поверхностей в облачную погоду:

$$E_m \text{ грунта} = 0,0018 \omega_{\text{кап}} [25 + (t_{\text{вод}} \pm \Delta)]^2 (100-a) k, \quad (5)$$

где:  $t_{\text{вод}} \pm \Delta$  равно  $t_{\text{воз}}$  по условию (1);  $E_m \text{ грунта}$  – месячная испаряемость с оголенной поверхности;  $\omega_{\text{кап}}$  - поверхность капилляров почвогрунта, в долях от единичной площади;  $k$  – поправочный коэффициент, вводится на основе опытных данных. Первоначально равен единице.

Иванов в своей статье отметил, что в отличие от Шатского, он взял температуру не пропорциональной  $t_{\text{воз}} + 15^\circ\text{C}$ , а пропорциональной  $(25 + t_{\text{воз}})^2$  [1]. Мы же показали, что слагаемое 25 в формуле Иванова может изменяться, а при  $\Delta = -25$  станет равным нулю. Константа 25 введена в первоначальную формулу для того, чтобы показать, что при температуре воздуха минус  $25^\circ\text{C}$  испарение со снега и льда равно нулю.

В случае, когда тождество (3) не соблюдается, то есть при ином значении величины испарения, чем вычисленное по формуле (3), тогда необходимо применять соответствующие тепловые законы физики и метеорологии. Известно, что температура испаряющей поверхности зависит от температуры воздуха. Этот физический закон для влажных и водных поверхностей соблюдается всегда практически до минус  $25^\circ\text{C}$ . Однако, изменение атмосферных процессов не зависит от состояния местности. На данную местность, например, на пойму реки Оки ниже Рязани, с ее затонами, старицами и озерами поступили сухие воздушные массы со своей температурой и влажностью из района Волгограда. Через 3-5 суток пришел влажный воздух из Скандинавии, а потом он был сменен холодными воздушными массами из Арктики. То есть у нас имеется неустано-

вившееся движение воздушных масс, где температура и влажность воздуха не зависят от местности, а только от процессов, происходящих в атмосфере, поэтому в данных условиях искать зависимость испарения от атмосферного воздуха бесполезно. Испарение с поверхности зависит от разности температур атмосферного воздуха и испаряющей поверхности. Но за длительный период, например, месяц, разность температур осредняется, становится небольшой, и формула Иванова дает близкие к истинным величины испарения. Отсюда следует, что для кратких промежутков времени, например, в 1 сутки без учета разности температур воздуха и испаряющей поверхности, а также силы ветра ее применять нельзя. Поэтому, ежедневно нужно измерять с открытых водоемов и бассейнов испарение и температуру воды и вносить в формулу (3) поправки. Впервые преобразование формулы Иванова, для учета силы ветра, выполнил Н.В. Данильченко, но температуру он оставил без изменений. Формула испаряемости выведена на основании данных более 800 метеостанций и первоначальный коэффициент в формуле был 0,0015, но при проверке балансовым методом нескольких десятков водных озер на земном шаре, коэффициент был увеличен до 0,0018. Орошением мы занимаемся в России, а не в других местах земного шара, поэтому испаряемость нужно рассчитывать, как при коэффициентах 0,0015, так и 0,0018 и исследовать полученные величины.

#### Выводы

1. Как иностранные, так и отечественные формулы рассчитывают испаряемость только для одного неявного случая, когда температура воздуха равна температуре испаряющей поверхности, что бывает не часто.

2. Предложенное нами преобразование рассматривает все случаи расчета испаряемости, когда температура воздуха больше, равна или меньше температуры подстилающей поверхности.

3. Метеостанциям необходимо, в дополнение измерять температуру и испарение воды в прудах-копанях и в изолированных от притока поверхностных и грунтовых вод стандартных бассейнов радиусом 10 м и глубиной воды 4 м. Такие же бассейны должны устраиваться и на поливных землях, на которых опытным путем нужно определять испарение в зоне орошения.

#### Список использованных источников

1. Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара // Известия АН СССР, Серия географическая и геофизическая, №3, 1941 г. М. стр. 265-288+карта.

УДК 631.6

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МЕЛИОРАЦИИ ОКСКОЙ ПОЙМЫ

**П.И. Пыленок, Г.И. Ершова, В.Н. Родькина**

Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» г. Рязань, Россия

Затраты воды на орошение при возделывании сельскохозяйственных культур являются одним из существенных факторов высокой себестоимости и

снижения конкурентоспособности товарной продукции. Увлажнение осушаемых аллювиальных почв, как показывают наши исследования, может осуществляться за счет вод дренажного стока, которые являются одним из основных отходов гидромелиоративного производства. К нежелательным последствиям осушения относится антропогенное эвтрофирование водных объектов, являющихся водоприемниками гидромелиоративных систем гумидной зоны. Для решения этих проблем нами предложена технология гидромелиоративного рециклинга и определены его основные параметры [2].

**Материалы и методы.** Методическую основу научно-исследовательской работы составляет использование экосистемного анализа для обеспечения комплексного подхода к решению вопросов, связанных с предупреждением и устранением негативного воздействия дренажных вод на природные водоемы, повышением экологической надежности мелиоративных систем, а также применение водного баланса как инструмента количественной оценки дренажного стока и формирования природоохранного режима увлажнения.

Апробация технологических решений осуществлена в полевом опыте (рисунки 1), заложенном методом рендомизированных блоков [1] на аллювиальной почве в пойме реки Оки и включающем четыре варианта с природоохранным режимом увлажнения и обработкой клубней гидратированным торфом (ПРУ; ПРУ+ГТ; ГТ и контроль). Площадь опытной делянки при возделывании среднераннего картофеля сорта «Красавчик» составляла 10 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная, ширина делянки 4 рядка, ширина защитных полос на поливных делянках 2 рядка. Схема посадки картофеля 70x25 см.

Для определения влажности почвы применялся полевой измеритель влажности (*HH-2 Moisture Meter*) и термостатно-весовой способ, окислительно-восстановительный потенциал и реакция среды измерялись прибором рН-3110. Пахотный слой почвы опытно-производственного участка «Пойма» характеризуется слабокислой реакцией раствора (экологический риск), хорошей обеспеченностью фосфором, низкой – калием. Уровень плодородия почвы может быть охарактеризован как слабопродуктивная, а степень деградации как среднедеградированная.

**Результаты и обсуждение.** За период вегетации картофеля 13.05 – 11.08.2016 г. количество атмосферных осадков составило 220,7 мм, что характеризует вегетационный период как средне влажный с относительно неравномерным распределением осадков внутри вегетационного периода. За 20 дней конца июня-начала июля выпало только 5,8 мм атмосферных осадков. В этот период на фоне атмосферной засухи потребовалось дополнительное увлажнение картофеля. Уровни грунтовых вод при отсутствии весеннего затопления поймы находились на глубине 1...1,8 м, что больше нормы осушения посевного периода для картофеля.



Рисунок 1 - Полевой деляночный опыт с картофелем сорта «Красавчик»

Влагозапасы в расчетном слое почвы под ранним картофелем фактически изменялись в пределах от 74% до 100% ППВ, и основном находились в границах оптимального диапазона влажности, что в целом говорит об оптимальном гидрологическом режиме аллювиальной почвы. Понижение влажности почвы до предполивного порога произошло только в первой декаде июля. В этих условиях возникла потребность в дополнительном увлажнении аллювиальной почвы, и 4 июля был проведен полив дождеванием нормой 25 мм. Уборка картофеля произведена в начале увядания ботвы.

Природоохранный режим увлажнения разработан нами ранее [3]. Фактически сложившиеся параметры этого режима в гидрометеорологических условиях 2016 г. включали один полив нормой 25 мм. Водопотребление определялось из уравнения водного баланса расчетного слоя почв (0,4 м) по ниже приведенной формуле:

$$E = W_n - W_k + x + \Sigma m + g ,$$

где:  $W_n$  и  $W_k$  - влагозапасы в расчетном слое почвы в начале и конце расчетного периода, мм;  $x$  – атмосферные осадки за расчетный период, мм;  $\Sigma m$  – сумма поливных норм за расчетный период, мм;  $g$  – вертикальный влагообмен между почвой и грунтовыми водами.

Средняя урожайность на контроле составила 14,27 т/га, обработка клубней гидратированным торфом повышала урожайность на 2,72 т/га, или 19,1%. При дополнительном увлажнении нормой 25 мм урожайность по сравнению с абсолютным контролем выросла на 2,48 т/га, или 17,4%. Применение гидратированного торфа на фоне увлажнения еще способствовало и росту урожая на 2 т/га или на 11,8%.

Дисперсионный анализ двухфакторного полевого опыта с увлажнением дренажными водами и обработкой растений гидратированным торфом показал, что достоверные прибавки урожая картофеля на 5%-ом уровне значимости получены от применения природоохранного режима увлажнения и гидратированного торфа, как по частным средним, так и по главным факторам.

Отметим, что общим фоном в опыте был сидеральный посев, из агрохимикатов применялся только инсектицид против колорадского жука. Результаты опыта по урожайности сопоставимы с показателем средней за предшествующие три года урожайности картофеля в хозяйствах всех категорий Рязанской области, которая по данным регионального Минсельхоза составила 15,3 т/га<sup>1</sup>. Экологическая эффективность определена по показателю ресурсоемкости изучаемых технологий, который определялся по общему водопотреблению и по затратам оросительной воды. По общему расходу воды на единицу продукции наиболее эффективными оказались варианты с применением гидратированного торфа «ПРУ+ГТ» - 142,0 м<sup>3</sup>/т, «ГТ» - 142,8 м<sup>3</sup>/т. Далее следуют «ПРУ» - 158,3

---

<sup>1</sup> <http://www.ryazagro.ru/news/6809/>

м<sup>3</sup>/т и «контроль» - 169,7 м<sup>3</sup>/т. Экономия воды от применения гидратированного торфа по сравнению с контролем составила 16,1%. Применение гидратированного торфа на фоне увлажнения способствовало снижению расхода оросительной воды на 16,3 т/га или на 10,3% (таблица).

**Таблица - Расход воды на единицу продукции, 2016 г.**

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Сезонная норма увлажнения, м <sup>3</sup> /га	Водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Ресурсоемкость, м <sup>3</sup> /т	
				по водопотреблению	по оросительной норме
ПРУ	16,75	250	2651	158,3	14,9
ПРУ+ГТ	18,72	250	2658	142,0	13,4
ГТ	16,99	0	2427	142,8	0
Контроль	14,27	0	2422	169,7	0

### **Заключение**

В полевом деляночном опыте на пойменных землях р. Оки в 2016 году было продолжено изучение эффективности рециклинговой мелиоративной технологии с применением для увлажнения дренажных вод и обработкой клубней картофеля гидратированным торфом при возделывании среднераннего картофеля «Красавчик» второй репродукции.

В условиях средневлажного по тепловлагообеспеченности вегетационного периода сельскохозяйственных культур и отсутствии паводкового затопления опытного участка весной сформировался водный режим почвы под ранним картофелем, характеризующийся средним за период наблюдений уровнем грунтовых вод 1,4 м от поверхности. Влажность почвы в корнеобитаемом слое почвы в основном формировалась под действием гидрометеорологических факторов и была близка к оптимальной. В фазу бутонизации картофеля потребовалось проведение одного полива дренажными водами нормой 25 мм.

Средняя урожайность картофеля сорта «Красавчик» второй репродукции на контроле составила 14,27 т/га. Обработка клубней гидратированным торфом повышала урожайность на 2,72 т/га, или 19,1%. При дополнительном увлажнении нормой 25 мм урожайность по сравнению с абсолютным контролем выросла на 2,48 т/га, или 17,4%. Применение гидратированного торфа на фоне увлажнения способствовало росту урожая на 2 т/га или на 11,8%. Дисперсионным анализом установлено, что эти прибавки достоверны на 5%-ом уровне значимости.

Экологическая эффективность определена по показателю ресурсоемкости изучаемых технологий возделывания среднераннего картофеля сорта «Красавчик». По общему расходу воды на единицу продукции наиболее эффективными оказались варианты с применением гидратированного торфа - 142 м<sup>3</sup>/т. Эконо-

мия воды от применения гидратированного торфа по сравнению с контролем составила 27 м<sup>3</sup>/т, или 16,1%. Применение гидратированного торфа способствовало снижению расхода оросительной воды на 16,3 т/га или на 10,3%.

#### **Список использованных источников**

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973.
2. Пыленок П.И., Гавриков А. Обоснование гидромелиоративного рециклинга // Инновационные технологии в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель: тезисы докл. международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика С.Г. Скоропанова (15-17 сентября 2009 г.). - Минск: ИВЦ «Минфина», 2010.
3. Пыленок П.И., Сидоров И.В. Природоохранные мелиоративные режимы и технологии. – М, Россельхозакадемия, 2004. -323 с.

УДК 631.6

### **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

<sup>1</sup>Салиев М.Б., <sup>2</sup>Тураева М.Н., <sup>2</sup>Салиев Б.К.

<sup>1</sup> ТИИИМСХ, г. Ташкент, Узбекистан;

<sup>2</sup> НИИИВП при ТИИИМСХ, г. Ташкент, Узбекистан

Осушительно-увлажнительная система - это разновидность комбинированного дренажа для орошения. На эту системы получено авторское свидетельство и патент Республики Узбекистан за № 3832. Основное назначение системы - осушение земель с близко расположенными слабоминерализованными грунтовыми водами и использование вод на орошение сельскохозяйственных культур в замкнутом цикле внутри хозяйств. Предлагаемый проект имеет большое значение для рационального использования водных ресурсов и экономии оросительной воды при водооборотном режиме.

В целях повышения урожайности возделываемых культур необходимо стремиться ликвидировать или ослабить дефицит влаги, прежде всего, за счет более полного использования имеющиеся ресурсов подземных вод. Для этого нужно отказаться от удаления излишних вод. Непокрытые вегетационными водами потребности в почвенной влаге можно покрыть за счет запасов, создаваемых весной, осенью и местами зимой при высоком стоянии УГВ. С учетом этого и растущей потребности в воде необходимо подходить и к проектированию новых гидромелиоративных систем, обеспечивающих как осушение, так и дополнительное увлажнение.

Известно, что осушительно-увлажнительные системы состоят из двух основных частей: 1) водопитательной и 2) увлажнительной. К питательной части относятся все виды осушительных систем, собирающих из почвы и концентрирующих воду, а также и другие сооружения, аккумулирующие местный поверхностный и почвенно-грунтовый сток, подземные и сточные воды. Эта часть системы называется водопитательной потому, что питает водой увлажнительную сеть. К увлажнительной части, передающей почве воду для ее перевода в почвенную влажность, относится увлажнительная сеть, состоящая из открытых,

трубчатых, кротовых, щелевых или фильтрационных увлажнителей с соответствующими сооружениями или без них. Увлажнители, работающие под напором, устраиваются только из труб.

Из полости трубчатых увлажнителей в почву вода может передаваться через поры в стенках или отверстия, создаваемые в стыках или стенках труб.

Поставленная задача решается с помощью горизонтального дренажа с колодцами на периферии дренажной сети, соединенной со скважиной, расположенной в центре мелиоративного участка, от которой идут трубопроводы с вентилями и подпитывающими самоизливающимися субнапорными водами (рис. 1).

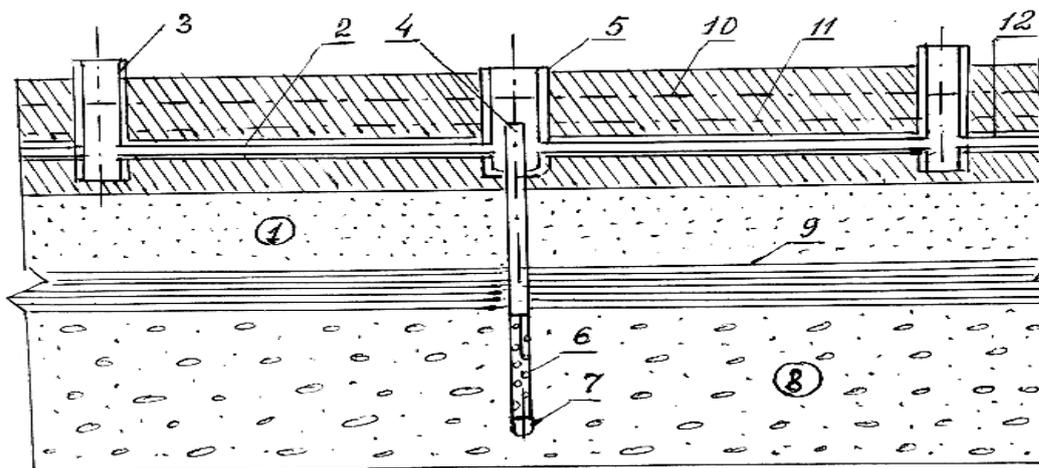


Рисунок 1 - Осушительно-увлажнительная система:

1 – первый от поверхности водоносный горизонт; 2 – горизонтальная дренажная сеть; 3 – колодец; 4 – питательная скважина; 5 – центральный колодец; 6 – фильтр скважины; 7 – отстойник; 8 – низконапорный водоносный горизонт; 9 – водонепроницаемый слой; 10 – уровень грунтовых вод; 11 – сработанный уровень грунтовых вод; 12 – отвод грунтовых вод в коллекторно-дренажную сеть

Принцип действия системы следующий: при работе ее в режиме осушения запорный вентиль в конце отводящей сети открывается и дренажный сток проходит через центральный колодец 5, через сливной трубопровод 12 поступает в сбросной коллектор, тем самым происходит процесс осушения земель, что можно наблюдать по снижению уровня грунтовых вод в центральном колодце 5 и смотровых колодцах 3.

Для режима орошения запорный вентиль системы закрывается, поднимается УГВ в поливном участке и в системе вода накапливается, за счет инфильтрации поливной воды и перетекания её из скважины, расположенной внутри центрального колодца 5. В начале лета прекращается сток с осушаемой территории участка и снижение УГВ происходит только за счет испарения и водопотребления растений. Недостающая влажность почвы для растений обеспечивается искусственным подъемом УГВ, путем подпитывания из центральной скважины самоизливом подземных вод или поверхностным поливом из оросительных водохозяйственных лотков.

Основная цель разработки – продемонстрировать эффективность системы дренажа и орошения на повышение продуктивности поливных участков фермерских

хозяйств. Система при капитальных затратах позволяет использовать дешевую дренажную воду в водооборотном режиме с природоохранным значением в условиях дефицита воды для полива. Система наиболее эффективна, если УГВ стабильно близок к дневной поверхности, при двух- и многослойном залегании аллювиальных отложений и особенно, если приурочить к окраинам и "языкам" конусов выносов горных рек, где интенсивно выклиниваются потоки подземных вод.

Такая система двойного назначения осушения и увлажнения земель не испытывалась и впервые предложены нами в Узбекистане. Новизна инновационной разработки – наличие центрального колодца со скважиной (без насоса) и подземной водозаборной галереи с горизонтальными дренажными сетями, позволяющей накапливать в ней подземные и инфильтрационные поливные воды. По мере необходимости можно использовать современную поливную технику, забором воды из смотровых колодцев для полива, или отводить воды в КДС при осушении в осенне-зимнем периоде.

Институтом "Узводпроект" были разработаны рабочие чертежи для полигона ТИИИМСХ, расположенного в учебно-опытном хозяйстве Среднечирчикского района Ташкентской области. Поливной режим работы системы в вегетационный период обеспечивался при закрытии запорного вентиля, в этом случае в системе и на самом мелиоративном участке накапливалась вода. После наполнения водонакопителя 3, уровень грунтовых вод в колодцах 2 и 4 поднимается за счет инфильтрационных вод и перетекания субнапорных вод из центральной скважины 5.

Расчетные схемы комбинированных дренажей, формулы для расчетов их параметров и обстоятельный анализ фильтрационного потока вблизи закрытых дрен с учетом сопротивлений, вызываемых их конструктивными элементами, приведен в учебнике по мелиоративной гидрогеологии.

Отмечено, что при наличии покровных отложений (при наличии напора) величина напора  $H_0$  в сечении посередине между дренами может заметно отличаться от напора на поверхности воды в покровном слое  $H_n$  (за счет потери напора  $\Delta H_n$  на перетекание инфильтрационного потока в покровном слое). Поскольку скорость вертикальной фильтрации равна интенсивности инфильтрации  $W_1$  то:

$$\Delta H_n = \frac{W}{K_n} m_n,$$

где:  $K_n$  – коэффициент фильтрации покровного слоя, м/сут;  $m_n$  – мощность покровных отложений, м.

Как правило, в процессе проектирования при использовании известных методов, задаваясь расположением дренажей, рассчитывают понижение УГВ для различных вариантов, из которых впоследствии выбирается более экономичный. УГВ по мере увеличения глубины корнеобитаемого слоя почвы понижаются за счет расхода воды на транспирацию и испарение. Недостающий для поддержания УГВ и влажности в оптимальных пределах объем воды (в случае, если недостаточно местного стока) может быть подан самотеком из лотков оросителя или искусственным подъемом из центральной скважины. Первый полив в системе осуществляется поверхностным способом. В это время происходят сработка за-

пасов влаги, инфильтрация и накопление воды в системе и на поля. С повышением температуры увеличится недостаток влаги. Следовательно, здесь в задачу мелиорации земель входит не односторонний сброс, а перераспределение воды, устранение дефицита и полное обеспечение растущих растений влагой.

## ***РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ОХРАНА ОТ ИСТОЩЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ***

УДК 519.87:626.814

### **РАЗРАБОТКА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОДОТОКОВ БАССЕЙНА НИЖНЕЙ КУБАНИ**

**А.А.Бубер, Е.Н.Гетьман, Ю.А. Хомутов**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Разработанная в среде MIKE 11 гидродинамическая компьютерная модель рек представляет набор взаимосвязанных баз данных с исходной информацией по плановому расположению речной сети, поперечникам, гидротехническим сооружениям на гидроузлах, гидрографам заборов и сбросов воды, граничными и начальными условиями. Специальная обрабатывающая программа (HD-модуль) позволяет при помощи численного решения уравнений Сен-Венана определить в динамике по всему руслу расходы, уровни и другие гидравлические параметры.

Первым шагом при создании модели является оцифровка планового положения речной сети на карте-подложке Нижней Кубани [2, 3]. В процессе оцифровки устанавливаются точные значения расстояний между соседними пикетами по лоцманской карте. На втором этапе моделирования в среде MIKE 11 для каждого расчетного пикета вводятся координаты поперечного сечения, и выполняется расчет всех гидравлических характеристик поперечников для принятых уровенных режимов (площадь сечения, ширина поверху, гидравлический радиус, гидравлическая расходная характеристика). На третьем этапе вводятся граничные условия, определяющие объем заборов и сбросов в речную сеть и условия сопряжения речной сети с Азовским морем. На четвертом этапе вводятся начальные условия и базовые коэффициенты шероховатости, которые в дальнейшем уточняются при калибровке. На пятом этапе модель калибруется по имеющимся кривым  $Q/h$  в соответствующих водопостах для различных расходов (от  $100 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $1700 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

Для этого Нижняя Кубань разбивалась на три участка: участок I – от створа Краснодарского водохранилища до створа в/п Тиховский (128,05 км от КГУ); участок II - от створа в/п Тиховский до устья; участок III - рукав Протока. Калибровка проводилась для реки в естественных условиях (т.е. когда отсутствуют все заборы и сбросы) в два этапа. На первом этапе были подобраны

базовые коэффициенты шероховатости по всей длине р. Кубани и рукава Протока.

Для этого использовались данные функций  $Q = f(h)$  Кубаньводпроект по водопостам для больших расходов. Калибровка гидравлических параметров выполнялась:

- на участке I-ом по 19 расчетным створам на пропуск расхода  $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- на участке II-ом по 11 расчетным створам на пропуск расхода  $400 \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- на участке III-ем по 12 расчетным створам на пропуск расхода  $400 \text{ м}^3/\text{с}$ .

В результате калибровки за счет подбора базовых коэффициентов шероховатости невязка между фактическими наблюдаемыми уровнями воды при заданном расходе и рассчитанными уровнями воды по модели не превышала  $\pm 5$  см. На втором этапе калибровки использовались данные функций  $Q = f(h)$  Кубаньмелиоводхоза по водопостам для малых расходов. Расчеты выполнялись:

- на I-ом участке по 4 расчетным створам (в/п НБ КГУ, в/п Краснодар КРЭС, в/п ФГУ НБ и в/п Тиховский) для расходов от  $300 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $1700 \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- на II-ом участке по 5 расчетным створам (в/п Сербин, в/п Троицкое, в/п Варенниковский, в/п Зайцево колено и в/п Темрюк) для расходов от  $100 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $900 \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- на III-ем участке по 3 расчетным створам (в/п Славянск-на-Кубани, в/п Гривенская, в/п Слободка) для расходов от  $150 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $900 \text{ м}^3/\text{с}$ .

В результате подбора поправочных базовых коэффициентов шероховатости невязка между фактическими наблюдаемыми уровнями воды при заданном расходе и рассчитанными уровнями воды по модели не превышала  $\pm 5$  см.

В створах, где не были заданы кривые связи  $Q = f(h)$ , поправочные коэффициенты подбирались как средневзвешенные между двумя соседними створами с известной  $Q/h$  функцией.

$$\alpha_i = \alpha_n P + \alpha_k (1 - P)$$

где:  $\alpha_i$  - поправочный коэффициент для  $i$ -го створа с незаданной  $Q = f(h)$  функцией;  $\alpha_n$ ,  $\alpha_k$  - поправочные коэффициенты в двух соседних створах с заданной  $Q = f(h)$  функцией;  $l_k$ ,  $l_n$  - расстояния от створов с известными кривыми  $Q = f(h)$  функциями до  $i$ -го створа;  $L$  - длина участка ( $L = l_n + l_k$ );  $P = l_n/L$ ,  $1 - P$  - весовые коэффициенты (лежат в интервале  $(0, 1)$ ).

В результате калибровки получены адекватные наблюдениям русловые шероховатости и поправочные коэффициенты для вертикальной составляющей руслового потока по поперечникам.

На шестом этапе в разработанную модель вводятся гидротехнические сооружения [1, 7].

1. Краснодарское, Крюковское, Варнавинское и Шапсугское водохранилища задаются батиметрическими функциями для условного поперечника в верхнем бьефе гидроузла. Сбросные сооружения на гидроузлах задаются в мо-

дели как управляющие сооружения (regulating structure) или как регулируемые водовыпуски, расход через которые задает пользователь вручную. Таким образом, в модели имеется возможность [4-6] регулирования сбросов, как в автоматическом режиме по правилам близким к диспетчерским графикам и принятой стратегией управления высокими половодьями, так и вручную, используя опыт эксплуатационного персонала, краткосрочный прогноз и результаты многовариантных расчетов по модели.

2. Краснодарское водохранилище в модели задается как управляющее сооружение (regulating structure). При регулировании определяется расход воды, поступающий в НБ гидроузла.

3. Сбросные сооружения на Крюковском, Варнавинском и Шапсугском водохранилищах заданы как регулируемые водовыпуски, расход через которые в НБ описывается функцией  $Q(t)$ .

4. Шапсугское водохранилище, находящееся в ближайшие пять лет на реконструкции, работает в настоящее время на прямотоке.

5. Федоровский гидроузел и образуемая им подпорная призма задаются поперечниками. Сбросное сооружение на гидроузле задается в модели как управляющие сооружения (regulating structure), поддерживающее необходимый уровень в верхнем бьефе.

6. Тиховский вододелитель в модели задается как управляющее сооружение (regulating structure) и располагается на р.Протока. При регулировании определяется расход воды, поступающий в Протоку. Остальная часть потока поступает в р. Кубань.

На рисунке 1 показана разработанная в среде MIKE 11 схема речной сети Нижней Кубани с расположенными на ней гидроузлами.

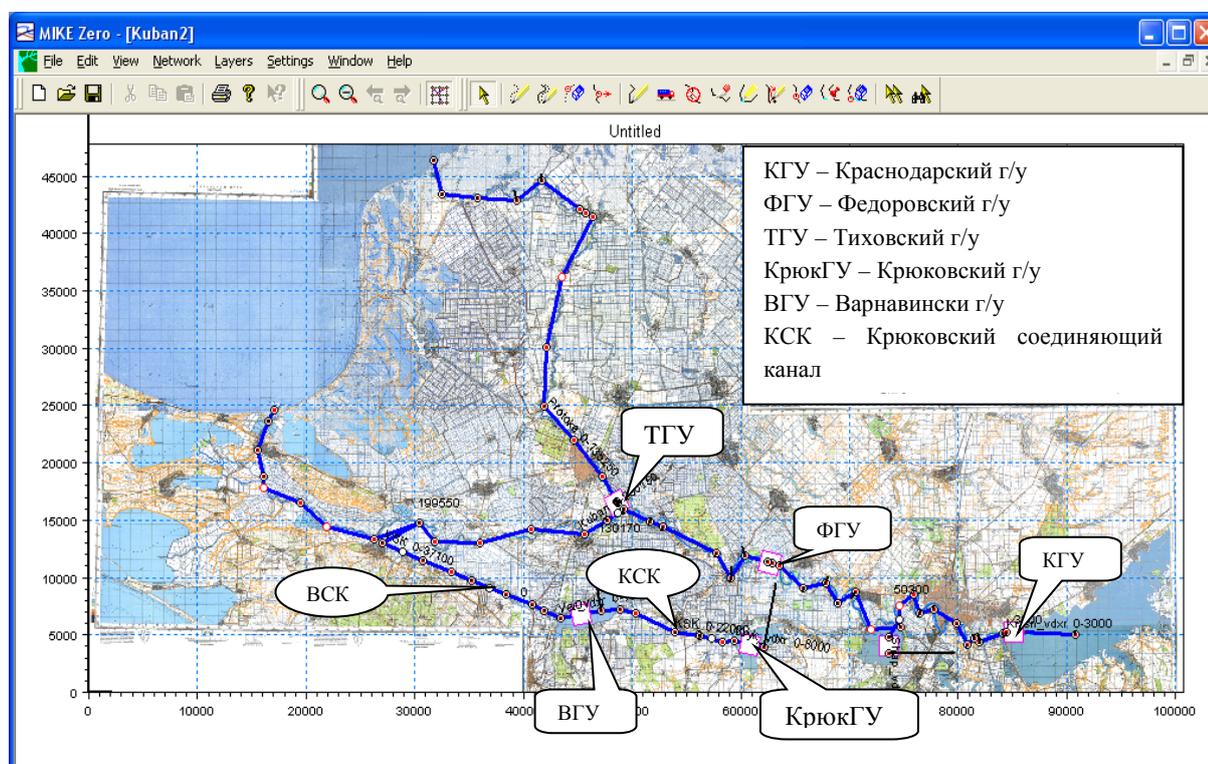


Рисунок 1 - Схема речной сети Нижней Кубани

### **Список использованных источников**

1. Брайнин А.Л., Бубер А.Л., Добрачев Ю.П. Определение оптимального места расположения водозабора для орошаемого массива/Мелиорация и водное хозяйство. 2015. №4. С.27-31.
2. Бубер А.А., Бородычев В.В., Талызов А.А. Разработка гидродинамической модели дельты реки Волга и Западных подступных ильменей/ Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: «Наука и высшее профессиональное образование», вып. № 2(46), 2017, Волгоград, Волгоградский ГАУ.
3. Бубер А.Л., Волинов М.А., Трошина М.В. Гидродинамическое моделирование зимнего половодья 2001/2002 года по водотокам Нижней Кубани / Мелиорация и водное хозяйство. 2009. № 5. С. 48-51.
4. Бубер А.Л., Трошина М.В., Ивасенко С.П. Компьютерная модель управления половодным стоком в среднем течении р. Белой / Гидротехническое строительство. 2008. № 2. С. 60-64.
5. Бубер А.Л., Ремизова Ю.А. Использование программ семейства MIKE 11 для моделирования гидродинамических процессов и качества воды в речных системах. Материалы второй научно-практической конференции. –Сыктывкар. 2003.
6. М. В. Трошина, Е. А. Иванова Математическая модель мониторинга и прогнозирования водохозяйственной обстановки в низовьях р. Кубань. Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования. Научное издание. – М., 2006. – 586 с.
7. М. В. Трошина, Е. А. Иванова Концепция безопасности гидротехнических сооружений и дамб обвалований рек Кубань и Протока. Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования. Научное издание. – М., 2006. – 586с.

УДК 556.536, 631.6, 631.95

## **НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ РИСОВЫХ СИСТЕМ**

**Бубер А.Л.**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерация должна полностью обеспечивать себя зерном. Одной из главных зерновых культур является рис. В 2016 г. валовый урожай риса составил около 1300 тыс. тонн. Общая площадь рисовых оросительных систем (РОС) составляет чуть менее 400 тыс. га. Из них ежегодно используется около половины. Остальные площади не поливаются из-за острого дефицита воды в южных регионах РФ, где, в основном, возделывается рис. Средняя оросительная норма по Южному Федеральному округу составляет 21000 м<sup>3</sup>/га. Основным рисосеятелем является Краснодарский Край, который выращивает более 80% риса (более 1 млн. т) со средней урожайностью 75 ц/га, что почти вдвое выше, чем в других регионах. Общая протяженность каналов на РОС составляет более 8000 тыс. км и обслуживается 300-ми насосными станциями. При этом износ основных фондов превышает 75%.

На сегодня по Краснодарскому Краю действующим нормативным документом является Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) бассейна р. Кубань (утв. 19.05.2014). Однако основные мероприятия в СКИОВО направлены на уменьшение дефицита воды. Из-за этого в

СКИОВО было уделено мало внимания экономии воды, которая достигается, в основном, за счет мероприятий на РОС. В СКИОВО эти мероприятия даже не упомянуты.

Возможные направления экономии водных ресурсов на РОС:

1. Снижение деформации плоскости чеков;
2. Увеличение скорости затопления и сброса воды с чеков;
3. Устранение террасности и кулисная планировка;
4. Реконструкция ГТС (уменьшение потерь, повышение КПД РОС);
5. Сохранение проектного севооборота (7-8 -польный, насыщение рисами 68-78 %);
6. Устранение отсутствия квалифицированных кадров (в основном, гидротехников);
7. Очистка оросительной и коллекторной сети;
8. Соблюдение гидравлических режимов работы межхозяйственной сети;
9. Пропорциональное использование ранне-, средне- и позднеспелых сортов риса;
10. Двухтактное регулирование между оросительными системами выше ФГУ и ниже ТГУ;
11. Повышение урожайности (уменьшение используемой воды на 1 т риса);
12. Восстановление проектной отметки НПУ 33,65 м;
13. Реконструкция Шапсугского водохранилища;
14. Оптимальный режим водоподачи по межхозяйственной сети.

За счет выполнения указанных мероприятий может быть достигнута экономия воды в размере более 1 км<sup>3</sup>.

Для реализации мероприятий по экономии воды необходимо разработать автоматизированную систему [1-5] управления водными ресурсами р. Кубань (на базе гидродинамической модели), которая позволит на основе краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогноза, даваемого Росгидрометом, осуществлять оптимальную водоподачу на РОС. Кроме этого автоматизированная система позволит осуществлять совместное регулирование гидроузлами р. Кубань для пропуска паводковых и паводковых вод и для защиты территорий от затопления при наводнениях. Разработка такой автоматизированной системы предусмотрена институциональными мероприятиями СКИОВО: «Разработка имитационных математических моделей (гидродинамическая, модели на базе ГИС-технологий, прогнозная, водно-балансовая)».

Такая система, кроме основной функции управления позволит решить еще ряд задач, из которых основными являются:

- Правила совместного регулирования водохранилищ и гидроузлов р. Кубань в интересах сельского хозяйства (предусмотрено в СКИОВО);
- Определение зон возможного затопления в период катастрофических паводков;
- Прохождение прорывной волны при гидродинамической аварии на гидроузлах (декларации безопасности).

Автоматизированная система управления позволит на основе данных наблюдений Диспетчерской Службы водопользования Кубаньмелиоводхоза, краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогноза гидрологической обстановки Росгидромета, режимов работы насосных станций оросительных систем, сформированные на основе требований водопользователей (согласованные графики поливов), получать гидравлические параметры (расходы, уровни, скорости, время прихода фронта и гребня волны в паводок) по всем водотокам и водохранилищам р. Кубань и в автоматизированном режиме формировать «оптимальные» сбросы в нижние бьефы гидроузлов, удовлетворяющие требованиям водопользователей.

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» предлагает выполнить в 2017-2018 гг. для реализации мероприятий по повышению эффективности использования водных ресурсов в бассейне реки Кубань следующие НИР: «Разработать и внедрить (согласно ГОСТ 34.601-90 и ГОСТ 34.602-89) в Кубанском БВУ и «Кубаньмелиоводхозе» гидродинамическую модель оперативного управления водными ресурсами р. Кубань с учетом подачи воды в Большой Ставропольский и Невинномысский каналы (2017-2018 гг.)».

#### **Список использованных источников**

1. Бубер А.Л., Волинов М.А., Трошина М.В. Гидродинамическое моделирование зимнего половодья 2001/2002 года по водотокам Нижней Кубани / Мелиорация и водное хозяйство. 2009. № 5. С. 48-51.
2. Добрачев Ю.П., Бубер А.Л., Кирейчева Л.В., Лурье М.В., Пыленок П.И. Методология обоснования обеспечения водными ресурсами объектов гидромелиорации при разработке СКИОВО / В сб. «Комплексные мелиорации - средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель», Материалы юбилейной международной научно-практической конференции. ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». 2014. С. 54-66.
3. Трошина М.В., Бубер А.Л. Обратные гидравлические и гидрологические задачи как источник недостающей гидрологической информации / В сб. «Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования», Материалы юбилейной международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). ГНУ ВНИИГиМ. 2007. С. 332-337.
4. Трошина М.В., Иванова Е.А. Математическая модель мониторинга и прогнозирования водохозяйственной обстановки в низовьях р. Кубань. Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования. Научн. издание. – М., 2006. – 586 с.
5. Трошина М.В., Иванова Е.А. Концепция безопасности гидротехнических сооружений и дамб обвалований рек Кубань и Протока. Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования. Научн. издание. – М., 2006. – 586 с.

УДК 626.8:627.133

## **РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕМА ВОДОХРАНИЛИЩ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ**

**А.Л. Бубер, В.Б. Бубер, С.Б. Шапировский**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Стандартная схема ситуационного управления Волжско-Камского каскада (ВКК) ГЭС в период весеннего половодья предполагает составление уравне-

ний водного баланса для каждого из водохранилищ каскада. На основе этих уравнений для каждого периода регулирования определяется объем и уровень соответствующего водохранилища у подпорного сооружения (уровень верхнего бьефа), как функция объема. Целью регулирования является достижение оптимальных величин регулируемых параметров за счет изменения сбросных расходов гидроузлов ВКК. К числу таких параметров относятся, в частности, параметры спецпуска Волжской ГЭС, необходимые для обеспечения требований различных водопользователей (сельское хозяйство, рыбное хозяйство, транспорт).

Как правило, для реализации требуемого сбросного гидрографа Волгоградского ГУ требуется решать задачу накопления к заданным моментам времени необходимых объемов воды в вышерасположенных водохранилищах, с одной стороны, при недопущении форсировок в указанных водохранилищах, с другой. Учет того, что при значительных величинах сбросных расходов объем воды в  $i$ -м водохранилище  $W_i$  следует рассматривать, как величину динамическую, т.е. зависящую не только от уровня  $z_i$  у подпорного сооружения, но и от величины сбросного расхода  $Q_i$  расширяет возможности решения этой задачи. Для расчетов уровней водохранилищ с учетом динамического характера объемов  $W_i$  могут быть использованы номограммы, построенные для водохранилищ ВКК [1].

В настоящей работе на примере Куйбышевского ГУ рассмотрена технология построения в Excel таблиц и интерполяционных функций для расчета как зависимостей  $W_i=f(z_i; Q_i)$  объемов водохранилищ от уровня верхнего бьефа  $z_i$  и величины сбросного расхода  $Q_i$ , так и обратных зависимостей - величины уровня от объема водохранилища. В последнем случае имеется в виду уровень верхнего бьефа  $z_i$  и статический эквивалент уровня  $z_{ст}$ , т.е. уровень водохранилища, при котором в статическом случае оно имело бы тот же объем, что и в динамике. Величина  $z_{ст}$  имеет тот же смысл, что и  $z_{ср}$  в работе [2].

Для соответствующих расчетов так же, как в [1] для определения динамической емкости были выбраны шесть створов, ограничивающих следующие пять участков:

- Куйбышевская ГЭС (плотина) – устье Камы;
- Устье Камы – Чебоксарская ГЭС;
- Устье Камы – устье Вятки;
- Устье Вятки – Набережные Челны;
- Устье Вятки - г. Вятские Поляны.

Для каждого из участков по номограммам Гиндельблата были построены таблицы зависимостей динамических объемов между их границами и уровнем на верхних створах участков от уровня на плотине Куйбышевской ГЭС и величины сбросных расходов Куйбышевского ГУ. Полученные данные были использованы для расчета динамических значений суммарного объема Куйбышевского водохранилища для различных величин уровня у плотины и сбросного расхода. При этом считалось, что величина расхода в створе плотины Куйбышевского ГУ является суммой притока по руслу Волги со стороны Чебоксарской ГЭС и притока по руслу Камы. Соответственно рассматривались различ-

ные варианты пропорций (от 80%/20% до 20%/80% с шагом 20% и 50%/50%) указанных притоков, составляющих в сумме общий приток к плотине Куйбышевского ГУ.

Результаты расчетов показали, что, строго говоря, полученные динамические зависимости объема  $W_D(z, Q)$  не являются функциями, т.к. неоднозначно определяют динамический объем при фиксированных значениях сбросного расхода и уровня ВБ в зависимости от соотношения величин притоков по руслам Волги и Камы. Разброс значений объема при этом может достигать 20-25%. Для обеспечения однозначности указанных зависимостей без ущерба для целей дальнейших расчетов было принято решение динамическое значение объема водохранилища  $W_D$  принимать равным минимальному из полученных в расчетах для разных соотношений притоков:

$$W_D = \min (W_k),$$

где:  $k=1 \div 5$  соответствует пяти разным вариантам упомянутых выше соотношений притоков в водохранилище по руслам Волги и Камы.

При таком подходе к расчету динамических объемов в процессе формирования режимов работы водохранилищ ВКК наблюдаемые уровни верхних бьефов будут отличаться от вычисленных только в сторону уменьшения, снижая, таким образом, риск «форсировки».

Полученные результаты в табличном и графическом виде приведены в таблице 1 и на рисунке 1 соответственно.

По данным таблицы 1 в Excel построены две интерполирующие функции. Одна из функций позволяет вычислять значения  $W_D$  для любых пар значений переменных на плоскости  $(z; Q)$  в диапазонах, соответствующих таблице. Вторая предназначена для вычисления величины уровня верхнего бьефа  $z$  по заданным значениям динамического объема водохранилища  $W_D$  и величины сбросного расхода  $Q$ .

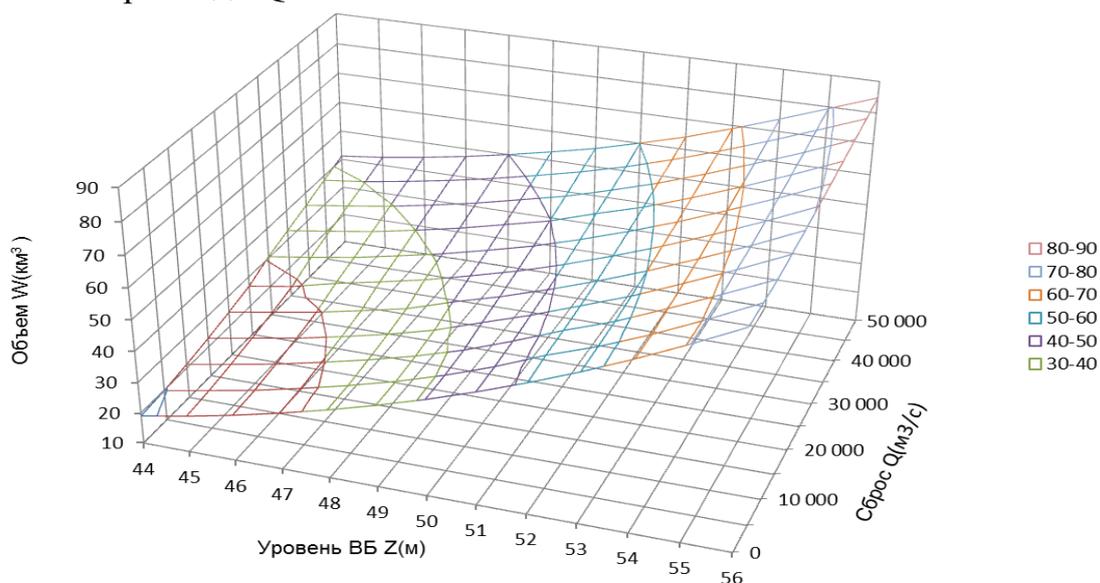


Рисунок 1 - График зависимости  $W_D=f(z, Q)$  динамического объема Куйбышевского водохранилища от уровня ВБ  $z$  и сбросного расхода  $Q$

Таблица 1- Зависимость  $W_{д}=f(z, Q)$ , млн. м<sup>3</sup>

Q(м <sup>3</sup> /с) z (м)	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000	35 000	40 000	45 000	50 000	55 000	60 000
44	19 838	21 193	22 821	24 752	26 862	30 428	33 069	35 715	38 475	41 187	43 178	45 194
45	22 543	23 839	25 398	27 169	29 151	32 552	35 136	37 673	40 111	42 804	44 718	46 711
46	25 340	26 549	27 957	29 667	32 588	34 833	37 283	39 761	42 352	44 903	46 653	48 613
47	28 650	29 789	31 042	32 650	35 496	37 697	40 012	42 398	44 836	47 272	49 134	50 963
48	32 227	33 198	34 368	35 802	38 593	40 707	42 962	45 279	47 634	49 989	51 646	53 340
49	36 256	37 017	38 240	40 472	42 314	44 240	46 404	48 600	50 798	53 003	54 547	56 108
50	40 854	41 501	43 203	44 635	46 231	47 935	49 897	51 950	54 134	56 230	57 824	59 380
51	46 195	46 939	48 027	49 314	50 756	52 380	54 561	56 128	57 980	60 101	61 667	63 226
52	52 315	52 783	53 483	54 453	55 812	57 254	58 838	60 594	62 390	64 206	65 632	67 010
53	57 548	58 067	58 946	60 010	61 242	62 542	64 069	65 715	67 280	68 968	70 336	71 711
54	63 689	64 460	65 211	66 141	67 183	68 395	69 675	71 141	72 504	74 089	75 371	76 546
55	70 593	71 120	71 770	72 455	73 473	74 476	75 639	76 781	78 055	79 430	80 421	81 359
56	77 962	77 972	78 636	79 340	80 212	80 996	81 947	82 896	83 771	84 826	85 470	86 207

### Список использованных источников

- 1 Гиндельблат Я.В., Коренистов Д.В. Расчет режима речного водохранилища с учетом негоризонтальности водного зеркала. – Труды Гидропроекта, 1960, сб. 4, с.52-63;
- 2 Беднарук С.Е., Чуканов В.В., Дильман Н.А., Мاستрюкова А.В. и др. Имитационная модель функционирования каскадов водохранилищ комплексного назначения с учетом требований водопользователей. – Отчет о выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ 12фцп-У11-01, М., 2014 г, Государственный контракт от 26.11.2012 года № 36-НИОКР/4-11-2012.

УДК: 556.53: 627.51

## ОБОСНОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОТОКОВ ДЛЯ ПРЕДГОРНЫХ И ГОРНЫХ БАССЕЙНОВ ЮГА РОССИИ

**В.А. Волосухин, М.М. Мордвинцев**

Институт безопасности гидротехнических сооружений (ИБГТС), г. Новочеркасск, Россия

В практике гидротехнического строительства периодически поднимается вопрос о принятии расчётных значений максимальных расходов воды. Существует два противоположных мнения: необходимость ограничения сверху кривой распределения максимальных расходов и признание того, что максимальные расходы малой вероятности превышения достаточно локальны, и что назначение нормативов расчётной вероятности превышения максимальных расходов – задача по своей сущности технико-экономическая, решаемая сопоставлением ущербов от разрушения сооружения со стоимостью увеличения размеров водопропускных устройств [1].

Одни считают, что применение кривых распределения вероятностей максимальных расходов (биномиальная кривая с положительной асимметрией и подобные ей распределения), для которых характерно существенное возрастание расходов бездоказательно за пределами длительности наблюдений, т.е. в зоне экстраполяции.

Для анализа гидрологических характеристик максимального стока р. Подкумок – гидропост г. Кисловодск (пост – аналог для створа гидроузла на р. Эшакон) был принят ряд максимальных расходов воды, представленный Росгидрометом за период наблюдений 1936-41, 44-2014 гг. ( $n = 73$ ) и результаты расчётов максимальных расходов воды, выполненных институтом Севкавказгипроводхоз (2016) и ИБГТС.

Ряд Росгидромета (до 2014 года) имеет одно выдающееся значение максимального расхода воды – 328 м<sup>3</sup>/с (2002). Согласно СП 33-101-2003, п. 5.16 [2], при учете одного выдающегося значения гидрологической характеристики, входящего в  $n$ -летний ряд данных гидрометрических наблюдений, расчётные параметры будут равны:

а) методом моментов:

$$\bar{Q} = \frac{1}{N} \left( Q_N + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} Q_i \right) = \frac{1}{72} \left( 328 + \frac{72-1}{73-1} \cdot 3163,43 \right) = 47,88 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \left( \frac{Q_N}{Q} - 1 \right)^2 + \frac{N-1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{Q_i}{Q} - 1 \right)^2 \right]} = \sqrt{\frac{1}{72} \left[ \left( \frac{328}{47,88} - 1 \right)^2 + \frac{72-1}{73-2} \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{Q_i}{Q} - 1 \right)^2 \right]} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{72} (5,85^2 + 1 \cdot 17,38)} = 0,85;$$

б) методом приближенного наибольшего правдоподобия в зависимости от статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ , определяемых по формулам:

$$\lambda_2 = \frac{1}{N} \left( \lg \frac{Q_N}{Q} + \frac{N-1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-1} \lg \frac{Q_i}{Q} \right) = \frac{1}{72} \left( \lg \frac{328}{47,88} + \frac{72-1}{73-2} \cdot (-6,94) \right) = \frac{-6,1}{72} = -0,085;$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{N} \left( \frac{Q_N}{Q} \lg \frac{Q_N}{Q} + \frac{N-1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{Q_i}{Q} \lg \frac{Q_i}{Q} \right) = \frac{1}{72} \left( \frac{328}{47,88} \cdot 0,84 + \frac{72-1}{73-2} \cdot 1,31 \right) = \frac{7,06}{72} = 0,098.$$

По номограмме из СНиП 2.01.14-83 или пособия [3], при  $C_v = 0,85$  и полученным значениям статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  получаем  $C_s = (5 - 6) C_v$ , то есть, принятое СКГВХ значение  $C_s = 6 C_v$  как бы не противоречит требованиям СП. Но отсутствие чёткой определённости этого соотношения по номограмме и отсутствие такого соотношения для максимальных расходов воды в справочнике «Ресурсы поверхностных вод...» [4], позволяет предположить, что в расчёте может быть принято соотношение  $C_s = 4 C_v$ . Результаты расчётов параметров кривой обеспеченности максимальных расходов воды р. Подкумок – г. Кисловск при  $C_v = 0,85$  и  $C_s = 4 C_v$ . Заметно значительное расхождение в расходах 0,01% вероятности превышения (46,8%). Причём, это расхождение обусловлено именно разностью между отношениями  $C_s/C_v$ .

В.В. Лебедев [5] отмечает, что верхнюю часть кривой обеспеченности следует проводить не изолированно, а ориентируясь на очертание её в остальной части, обычно хорошо освещённой наблюдаемыми расходами и являющейся как бы базой для направления кривой в верхней части, т.е., кривая обеспеченности должна проходить не только по самой верхней части, но и по всем остальным точкам, расположенным в средней и нижней частях кривой.

Таким образом, при больших коэффициентах асимметрии  $C_s > (4 - 5) C_v$  кривая обеспеченности, как правило, проходит аномально относительно всех точек, и конечная задача – получение максимальных расходов малой обеспеченности – оказывается не разрешённой, так как эти максимальные расходы, определяемые по экстраполируемой части кривой, получаются «значительно завышенными против катастрофических наблюдаемых максимумов, являются фиктивными и возникновения их в бассейне реки при любых неблагоприятных условиях ожидать нельзя» [5], и чем больше коэффициент вариации, тем больше ошибка в определении этих максимумов.

Параметр максимальной интенсивности стока:  $A = M(F + 1)^{0,25}$ . По Д.Л. Соколовскому предельная величина  $A$  для ЕТС России равна 4,0 [6].

Если для  $A = 4$  посчитать предельный расход, то получим следующие значения максимальных (вероятных) расходов:

$$\frac{4,0 \cdot 1010}{(1010+1)^{0,25}} = 716,5 \text{ м}^3/\text{с} \text{ (Подкумок-Кисловодск)} \text{ и } \frac{4,0 \cdot 261}{(261+1)^{0,25}} = 259,5 \text{ м}^3/\text{с} \text{ (Эшкакон)},$$

что близко к расчётным значениям максимальных расходов 0,01% обеспеченности при соотношении  $C_s = 4 C_v$ .

Максимальные расходы воды различной обеспеченности по ряду до 2014 года для створа гидроузла на р. Эшкакон превышают соответствующие расходы, приведенные в проекте Эшкаконского гидроузла (Гидропроект, 1987), но при  $C_s = 4 C_v$  они меньше значений, которые приведены в материалах СКГВХ.

Пропускная способность сооружений гидроузла при отметке ФПУ (с учетом сброса через водозаборное сооружение) – 264 м<sup>3</sup>/с. Расход воды 0,01% обеспеченности (383,2 м<sup>3</sup>/с) с учётом небольшого объёма форсировки (объём между уровнями НПУ и ФПУ)  $V_{\phi} = 0,634$  млн. м<sup>3</sup> не будет пропущен сооружениями гидроузла без предупредительной сработки водохранилища.

Сложившаяся ситуация с данными по гидрологии р. Эшкакон и гидрологическими расчётами для Эшкаконского водохранилища делает актуальной задачу создания автоматизированной системы мониторинга, которая выполняет измерения гидрометеорологических характеристик на водосборе водохранилища, составляет краткосрочный прогноз паводковой ситуации с пошаговой коррекцией в реальном режиме времени, выдаёт управляющие решения по водохозяйственному регулированию режима работы водохранилища. Основой такой автоматизированной системы может служить измерительный комплекс «Эмерсит» [7, 8]. Имеющийся опыт использования системы мониторинга паводков в Краснодарском крае (на р. Адагум, реки Сочинского района и др.) позволяет прогнозировать гидрологическую обстановку с достаточной заблаговременностью для принятия оптимальных управленческих решений.

#### Список использованных источников

1. Залесский Ф.В. Определение расчётных максимальных расходов воды / Ф.В. Залесский, Л.Ф. Сотникова, Е.Ф. Чекаловский, О.В. Польский // Гидротехническое строительство, 1986. – № 7. – с. 36 – 40.
2. СП 33-101-2003. Определение основных расчётных гидрологических характеристик. Госстрой России, М., 2004.
3. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. — Л.: Гидрометеоздат, 1984. — 448 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 8. Северный Кавказ. – Л.: Гидрометеоздат, 1973.
5. Лебедев В.В. Гидрология и гидрометрия в задачах: учеб. пособие. – Л.: Гидрометеоздат, 1952. – 359 с.
6. Соколовский Д.Л. О предельных модулях максимального стока на реках земного шара и методике их определения // Тр. ГГИ, 1968, вып. 163.
7. Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России: Часть 2: Бассейны рек Волги и Дона: Монография / Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милуко-ва И.П. и др.: Институт географии РАН. – М.: МАКС-Пресс, 2014. – 216 с.

8. Автоматизированная система мониторинга паводковой ситуации на территории Краснодарского края [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://emergit.ru/projects/object/?object\\_id=9](http://emergit.ru/projects/object/?object_id=9). – Дата входа: 25.10.2016.

УДК 504:11:79

## УЧЕТ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ, НА ВОДОСБОРЕ МАЛОЙ РЕКИ

<sup>1</sup> И.В. Глазунова, <sup>2</sup> Л.Ф. Исламова

<sup>1</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФБГОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г.Москва, Россия

Реки являются продуктом их водосборной площади, так как именно здесь формируется основной объем стока и его качественный состав. Антропогенная деятельность, например, связанная с выращиванием с\х растений, лесохозяйственной деятельностью, приводит к изменению условий формирования речного стока. Изменяются соотношения между объемами поверхностного и подземного стоков с территории водосбора и их количества, как во внутригодовом разрезе, так и в целом за год. Поэтому для целей водного хозяйства необходимо проводить оценку антропогенного влияния на изменение объемов водных ресурсов. В данной работе проводятся оценки влияния распаханности водосборной территории на изменение годового стока воды в реке для лет разной обеспеченности, а также влияние применения пестицидов на качество воды.

Величина изменения годового стока за счет агротехнических мероприятий определялась по формуле Водогрещкого В.Е.:

$$W = (0,002 * Oc * H^{0,52} * ((2,5/(H+1)^{0,45}) - 0,06)) * K_{wp} * K_w' * K_w'' * f_n - ((S+x) * (0,0144 * I^{0,54} + 0,02) / (0,1 * I + 1)^{0,56}) * K_{yp} * K_y' * K_y'' * K_{xy} * f_n, \text{ мм} \quad (1)$$

где:  $Oc$  - среднегодовое количество осадков;  $H$  - глубина залегания грунтовых вод;  $K_{wp}$ ,  $K_{yp}$  - соответственно, коэффициенты для оценки изменения грунтового и склонового стоков заданной вероятности превышения;  $K_w'$ ,  $K_y'$  - соответственно, коэффициенты, учитывающие влияние механического состава почвогрунтов на изменение грунтового и склонового стоков;  $K_w''$ ,  $K_y''$  - коэффициенты, учитывающие влияние агротехники, для суглинков равны;  $K_{xy}$  - коэффициент, учитывающий водность района в пределах природной зоны;  $f_n$  - относительная площадь с\х угодий, в долях от площади бассейна реки;  $S$  - запасы воды в снеге на с\х угодьях;  $X$  - количество осадков за период склонового стока;  $I$  - средний уклон склона в пределах с\х угодий.

Величина изменения речного стока определялась для разных регионов Татарстана, которые характеризуются различным среднегодовым количеством осадков ( $Oc$ ): в расчетах они изменялись от 460 мм до 560 мм. Остальные показатели в формуле (1), такие как глубина залегания грунтовых вод -  $H$ ; средний

уклон склона в пределах с/х угодий  $-l$ ; запасы воды в снеге на с/х угодьях  $S$ ;  $X$  - количество осадков за период склонового стока, принимались в соответствии с природно-климатическими характеристиками.

Для обоснования допустимой площади пашни в пределах водосбора реки относительная площадь сельскохозяйственных угодий в расчетах изменялось в пределах от 0,2 до 0,8 в долях от площади бассейна реки -  $f_n$ .

Оценка существенности влияния агротехнических мероприятий определялась по формуле:

$$\Delta W = W * F_{с/х} / (10 * W_p), \% \quad (2)$$

где:  $\Delta W$  - годовой объем речного стока соответствующей обеспеченности, млн.м<sup>3</sup>. Расчеты выполнены для лет разной обеспеченности по стоку реки и приведены в табличной форме (табл. 1).

Таблица 1 - Расчет изменения стока малой реки в зависимости от относительной площади сельхозугодий для лет разной обеспеченности по стоку реки (P%)

P= 75%			P=95%		
Осадки, мм	$\Delta W, \%$	$f_n$	Осадки, мм	$\Delta W, \%$	$f_n$
Юго-восток Татарстана					
460	1,78	0,4	460	3,29	0,4
460	3,94	0,6	460	7,39	0,6
460	6,99	0,8	460	13,14	0,8
480	1,74	0,4	480	3,3	0,4
480	3,91	0,6	480	7,3	0,6
480	6,94	0,8	480	13,14	0,8
Юг Татарстана					
520	1,72	0,4	520	3,22	0,4
520	3,83	0,6	520	7,25	0,6
520	6,87	0,8	520	12,95	0,8
540	1,65	0,4	540	3,2	0,4
540	3,81	0,6	540	7,25	0,6
540	6,75	0,8	540	12,8	0,8
Северо-запад Татарстана					
560	1,67	0,4	560	3,19	0,4
560	3,76	0,6	560	7,15	0,6
560	6,69	0,8	560	12,76	0,8

В составе методики учета антропогенного воздействия, обусловленного с/х деятельностью на водосборе, так же был составлен баланс земельных ресурсов на примере бассейна реки.

В случае если  $F_{эк} > (F_{лес.} + F_{луг.})$ , это значит, что антропогенное влияние привело к недопустимому переформированию земельного фонда. В этом случае надо

планировать мероприятия по увеличению площадей лесов, лугов и снижению доли пашни на сельскохозяйственных угодьях.

В составе методики учета антропогенного воздействия, обусловленного с/х деятельностью на водосборе так же были выполнены расчеты по обоснованию допустимой площади внесения пестицидов в пределах с/х угодий, при которых концентрация пестицидов в поверхностном и дренажном стоке не превышает предельно допустимые концентрации.

На графиках (рис. 1 и 2) определен уровень допустимого антропогенного воздействия по площади пашни для разных лет обеспеченности по стоку.

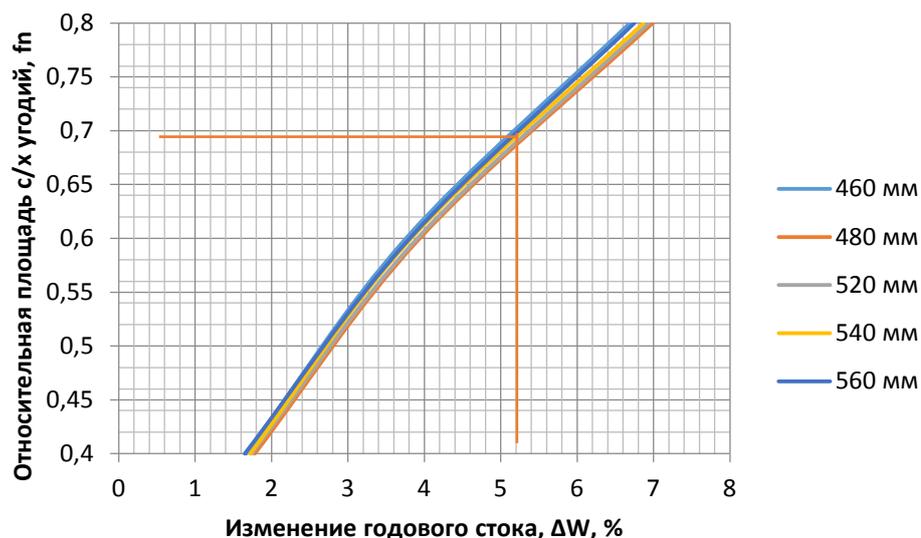


Рисунок 1 - Изменение годового стока реки 75% обеспеченности в зависимости от относительной площади сельскохозяйственных угодий

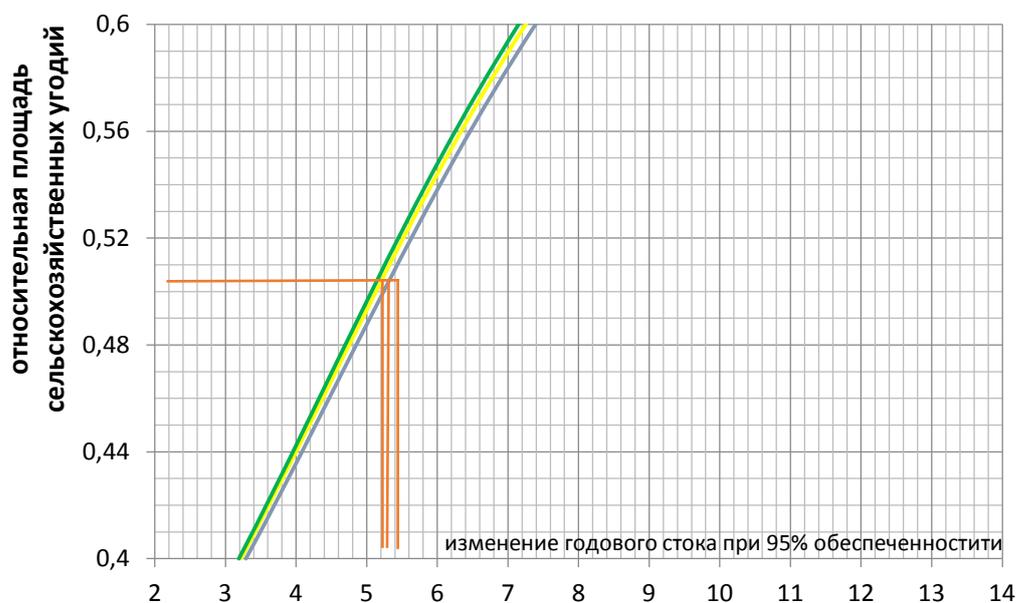


Рисунок 2 - Изменение годового стока реки 95% обеспеченности в зависимости от относительной площади сельскохозяйственных угодий

Расчет проведен для двух видов пестицидов: гептахлор и метафос. Гептахлор (C<sub>10</sub>H<sub>5</sub>CL<sub>7</sub>) производится и выпускается в комбинированных препаратах, совместно с протравителями семян (ТМТД+гептахлор), и применяется для предпосевной обработки семян против проволочников и других почвообитающих вредителей. Метафос [(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub>PSOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>NO<sub>2</sub>] - химическое средство для борьбы с вредными насекомыми. Фактические данные для расчета представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 - Характеристика территории

Норма разового внесения пестицида N, кг/га		Слой осадков расчетной обеспеченности Нр%, мм	Продолжительность ливня расчетной обеспеченности	Модуль дренажного стока q, л/сек, га	Коэффициент поверхностного стока о, доли единиц	Объем твердого стока WT.C., м <sup>3</sup> /га
Гептахлор	метафос	35	0,95	0,15 0,08	0,15	0,3
3,0	3,0					

Таблица 3 - Характеристики почв

Почва	Коэффициент сорбции в долях единицы S	Объем почвенного раствора, W <sub>о-г</sub> , м <sup>3</sup> /га (средние значения)	Порозность в долях единицы, m
Чернозем обыкновенный суглини-	0,60	43	0,55

Вынос пестицидов с дренажным стоком определялся по формуле:

$$P_{p\%др} = 2 * C_{расч} * (\sqrt{D} * T/\pi) * F * 10^4, \text{ кг}$$

где: C<sub>расч.</sub> - концентрация растворения пестицида в расчетном слое почвы до глубины заложения дренажа или до УГВ, кг/м<sup>3</sup>; D - коэффициент молекулярной диффузии, с учетом изменения концентрации в расчетном слое почвы за счет процессов молекулярной диффузии, м /сут; T - время действия дренажа, сут; F - площадь сельскохозяйственных угодий, обрабатываемых пестицидами, га.

Концентрация C<sub>расч.</sub> определялась по формуле:

$$C_{расч} = N * e^{-K*(t_{др} + t_{л})} / (D * T/\pi) * (1 - S) / (W_{пром} + W_{инф}), \text{ кг/м}^3 \quad (3)$$

где: N - норма разового внесения пестицида, кг/га; K - коэффициент деструкции пестицида; t<sub>л</sub> - время от внесения пестицида до начала ливня расчетной обеспеченности, сут; t<sub>др</sub> - время проникновения пестицида в дренаж, сут. S - коэффициент сорбции в долях единицы, S=0,6 - максимально предельная сорбция пестицидов почвы, показывающая, какое количество вещества после попадания его в почву будет удерживаться твердой фазой почвы; W<sub>пром</sub> - запас влаги в расчетном слое почвы на начало расчетов, м<sup>3</sup>/га; W<sub>инф</sub> - объем воды прошедший инфильтрацию до грунтовых вод, м<sup>3</sup>/га.

Концентрация растворенного пестицида в дренажном стоке находится по формуле:

$$C_{p\%расч} = P_{p\%др} * 10^3 / W_{др}, \quad \text{мг/л,}$$

где:  $W_{др}$  - объем дренажного стока, м<sup>3</sup>/га.  $C_{расч} = 0,006 * 10^9 \text{ мг/л} \ll \text{ПДК}_{\text{метафос}} = 10^4$ , т.е. концентрации пестицидов в дренажном стоке не превышает ПДК при рассмотренных площадях внесения и при проектных модулях дренажного стока для бассейна реки.

Вынос пестицидов из верхнего 2-х сантиметрового слоя почвы за счет процесса диффузии в количествах:

$$P_{p\%п\%} = 2 * C_{0-2} * (\sqrt{D} * t_{p\%} / \pi) * F * 10^{-4}, \quad \text{кг}$$

где:  $C_{0-2}$  - концентрация растворения пестицида в слое почвы, кг/м<sup>3</sup>;  $D$  - коэффициент молекулярной диффузии,  $D = 10^{-9} \text{ м}^2/\text{сут}$ ;  $t_{p\%}$  - продолжительность ливня расчетной обеспеченности;  $F$  - площадь сельскохозяйственных угодий, обрабатываемых пестицидами,  $F = \text{га}$ ;

$$C_{0-2} = N * e^{-K * t_{п}} * (1 - S) / (W_{вн} + W_{пром}), \quad \text{кг/м}^3$$

где:  $W_{вн}$  - влагозапасы в слое почвы (0-2 см) на начало расчетного периода, м<sup>3</sup>/га;  $W_{пром}$  - объем воды, впитавшейся в слой почвы (0-2-см) после прохождения дождя, м<sup>3</sup>/га.

Концентрация растворенного пестицида в поверхностном стоке определялась по формуле:

$$C_{p\%пс} = P_{p\%:пс} * 10^3 / W_{пс}, \quad \text{мг/л}$$

График изменения концентрации пестицида в поверхностном стоке в зависимости от площади его внесения представлен на рисунках 3, 4.

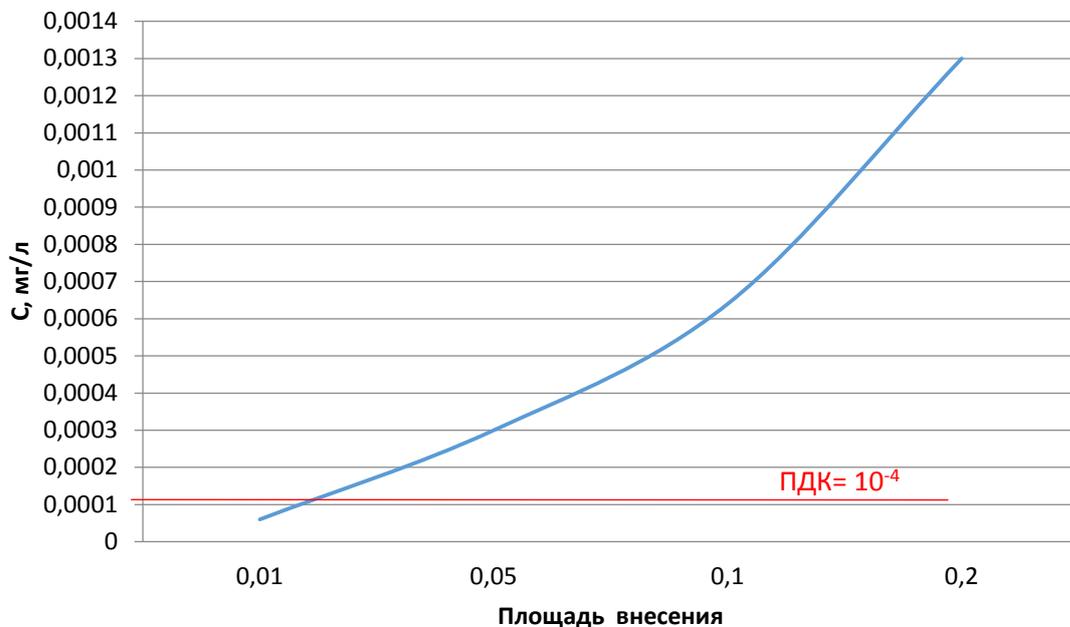


Рисунок 3 - График изменения концентрации пестицида (гептахлор) в поверхностном стоке в зависимости от площади его внесения

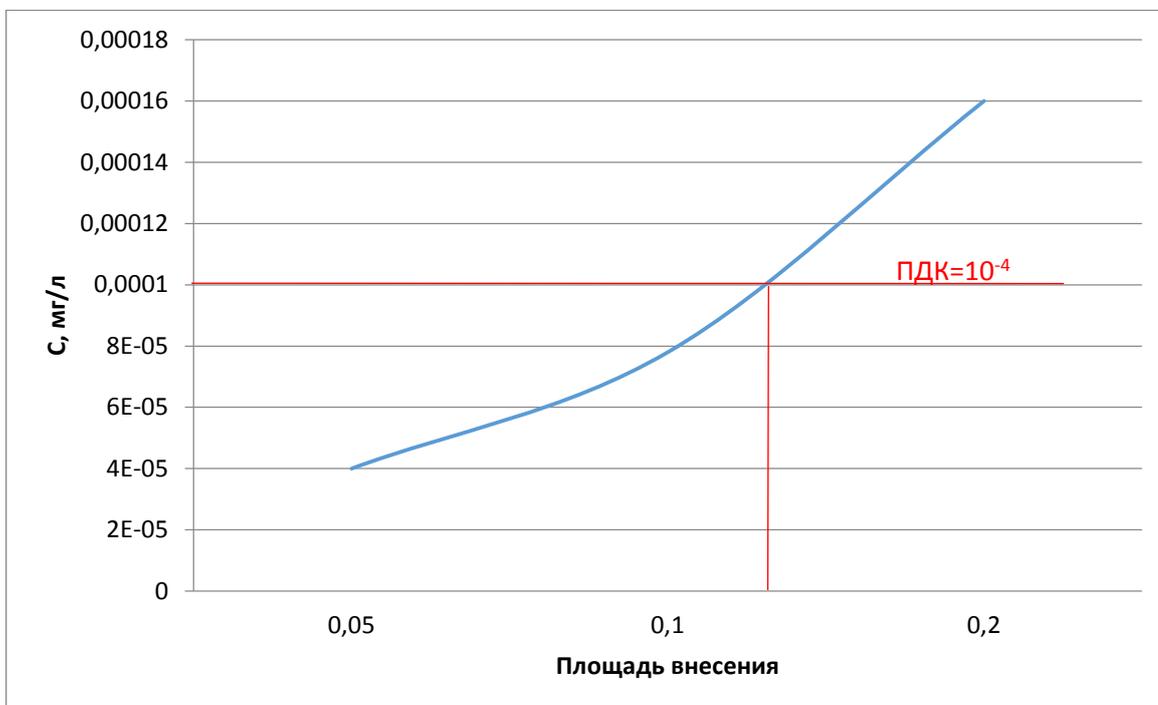


Рисунок 4 - График изменения концентрации пестицида (метафос) в поверхностном стоке в зависимости от площади его внесения

Как видно из графиков концентрация пестицидов в поверхностном стоке превышает ПДК при площади внесения более 1,2% от площади с/х угодий (гептахлор), при площади внесения более 12% от площади с/х угодий (метафос). Значит, существует опасность загрязнения реки пестицидами.

Рассмотренная методика учета антропогенного воздействия, обусловленного с/х деятельностью на водосборе, позволила обосновать диапазон допустимых площадей пашни, при которых не происходит существенных изменений водности реки; выявить диапазон площадей внесения пестицидов, при которых не происходит загрязнение поверхностного и дренажного стока выше ПДК, а так же на основе баланса земельных ресурсов обосновать экологически допустимую площадь сельскохозяйственных угодий на водосборе малой реки.

#### Список использованных источников

1. Глазунова И.В, Раткович Л.Д, Соколова С.А. Проектирование биоинженерных сооружений в составе схем комплексного использования водных ресурсов. Учебное пособие. – М.: МГУП, 2011. – 63 с.
2. Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. Prevention of water bodies' pollution with drainage flow. 21<sup>st</sup> European regional Conference "Integrated land and water resources management: towards sustainable rural development" 15–19 May 2005, Frankfurt (Oder), Germany and Slubice, Poland.
3. Маркин В.Н., Раткович Л.Д, Соколова С.А. Учебное пособие «Обоснование водохозяйственных мероприятий в бассейне реки». М.:МГУП, 2014

УДК: 631.95; 631.6; 631.67

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТНОГО ОБОСНОВАНИЯ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ХОРЕЗМСКОГО ОАЗИСА**

**Т. Джалилова, Ж. Маткаримов**

НИИИВП при ТИИИМСХ, г. Ташкент, Узбекистан

В условиях дефицита водных ресурсов в Хорезмской области особую важность приобретает рациональное использование оросительной воды и необходимость коренного улучшения эколого-мелиоративных процессов на орошаемых землях на основе управления водными ресурсами и водопользованием. Экономное и эффективное использование оросительной воды возможно только при соблюдении научно-обоснованного режима орошения, учитывающего природно-климатические и почвенные особенности орошаемого массива. Эффективное использование водных ресурсов при орошении зависит от технического совершенства оросительных и мелиоративных систем и уровня их эксплуатации и культуры производства на орошаемых землях. В настоящее время все орошаемые земли Хорезмской области засолены в различной степени. Проблема эффективного использования земель тесно связана с оптимизацией их водно-солевого режима.

На фоне ухудшения экологического состояния окружающей среды и мелиоративного состояния орошаемых земель наблюдается снижение урожаев возделываемых культур. Для улучшения эксплуатации мелиоративных систем и для получения максимальной отдачи орошаемых земель помимо оптимизации параметров оросительных систем необходимо их совершенствование. В настоящее время одной из важнейших проблем в Хорезмской области является экономное использование оросительной воды и улучшение эколого-мелиоративных процессов в орошаемых землях.

Основные почвы, занятые посевом хлопчатника в Хорезмской области, принадлежат к староорошаемым луговым, подвержены засолению и требуется проведение ежегодных промывных поливов. На каждый гектар земли область расходует 4-6 тыс.м<sup>3</sup> воды на промывку. Получение высокого урожая на этих почвах в большей мере зависит от правильного сочетания промывных поливов с зяблевой пахотой и от применяемых режимов орошения. Известно, что для нормального развития хлопчатника необходимо обеспечить его водой в течение всей вегетации. Правильное определение наиболее приемлемых и рациональных схем вегетационных поливов хлопчатника обеспечивает получение высокого урожая с ранним созреванием при наименьших расходах воды и поддержание хорошего мелиоративного состояния земель.

Исследованиями доказано, что как недостаточное орошение, так и избыточное переувлажнение почв одинаково вредно для жизненных процессов и приводит к нарушению водно-воздушного, теплового режима. Недостаточное орошение, особенно, в молодом возрасте хлопчатника приводит к усиленному росту корневой системы, тем самым задерживает развитие надземных частей, уменьшает плодоношение и урожай хлопка-сырца. При избыточном орошении усиливается рост вегетационных органов куста, а корневая система плохо раз-

вивается. Тем самым нарушается нормальный процесс обмена веществ, что приводит к снижению урожая и ухудшению его качества. Правильное установление поливных норм и оптимального количества влаги, необходимого растению, не только влияет на повышение урожайности, но и одновременно означает борьбу с излишками воды, поступающими в грунтовые воды. Опыт показывает, что переувлажнение орошаемых земель наносит ущерб сельскому хозяйству и не позволяет проводить сельхозработы в необходимые сроки, задерживает вегетационный цикл растений, уменьшает эффективность действия удобрений и т.д. Поэтому переполив, избыточное увлажнение и подъем уровня грунтовых вод должны быть предотвращены регулированием водного режима почвогрунтов с помощью уточнения режима орошения растений, новой водосберегающей технологии, техники полива и дренажа.

Вопросам режима орошения сельскохозяйственных культур посвящено множество экспериментальных и теоретических исследований А.Н. Костякова, В.Е. Еременко С.Н. Рыжова, В.Н. Легостаева, Н.П. Медниса, Н.Ф. Беспалова, В.Р. Шредера, которые в полевых условиях проводились большей частью в филиалах бывшего института СоюзНИХИ (сейчас УзПИТИ). На основании выше указанных исследований в рамках работы В.М. Легостаева в 1951 году впервые было проведено гидромодульное районирование Узбекистана. В.Р. Шредером и другими также было разработано гидромодульное районирование и расчетные оросительные нормы сельскохозяйственных культур для бассейнов рек Сырдарьи и Амударьи в целях проектирования ирригационных систем.

Несмотря на то, что в указанных нормативных документах был использован огромный объем экспериментальных исследований, в настоящее время они в значительной мере нуждаются в уточнении. Это обусловлено тем, что опыты были проведены по методике, при которой длина борозд не превышала 100 метров, полив осуществлялся по дефициту влаги в корнеобитаемой зоне, минерализация оросительной воды была низкой 0,1-0,2 г/л. Кроме того, в указанных режимах орошения и оросительных нормах озимой пшеницы не учитываются технологии ее посева (по растущему хлопчатнику или по вспаханному полю), которые влияют на водно-физические свойства почв и поливную норму. Также не отражаются предполивные и влагозарядковые поливы.

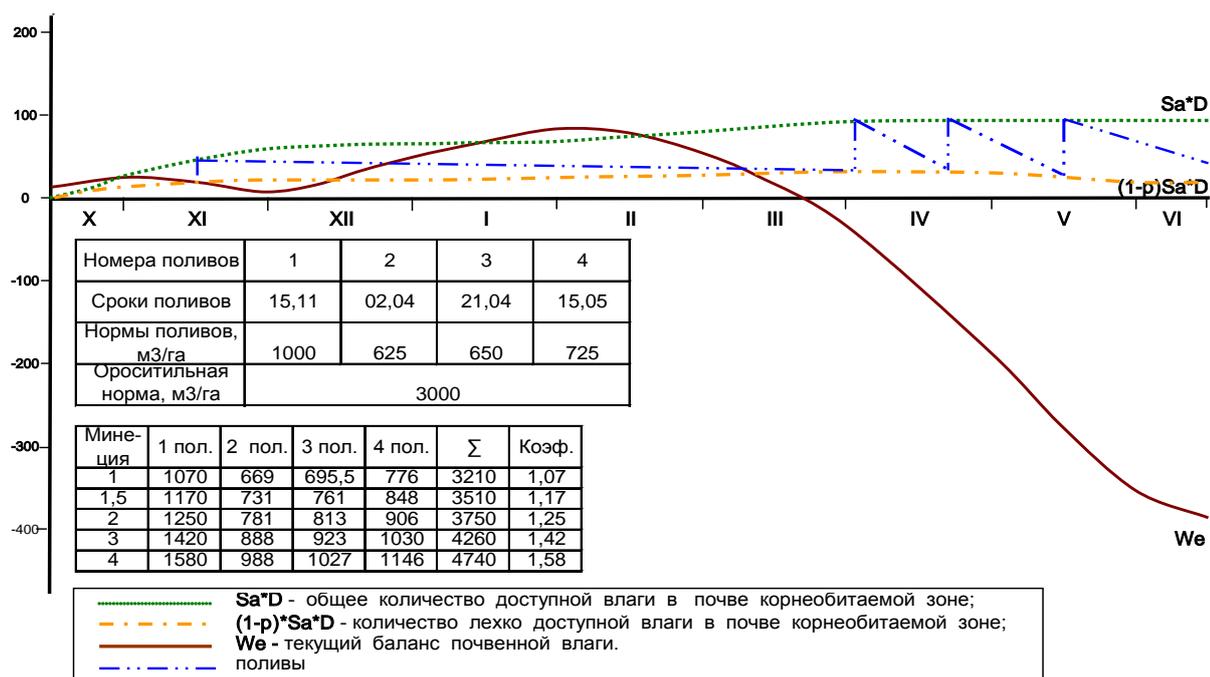
В существующей методике расчеты режимов орошения разработаны еще А.Н. Костяковым и не учитывают участие грунтовых вод в водопотреблении сельхозкультур. В общих формулах расчета режима орошения введены коэффициенты, учитывающие долю участия грунтовых вод при расчетах оросительной нормы. В международной методике ФАО приводится Методика расчета режима орошения с/х культур, основанная на расчетах эвапотранспирации по формуле Пенмана-Монтейта.

Расчет режима орошения сельскохозяйственных культур проведен по уточненной усовершенствованной методике ФАО в условиях Хорезмской области на примере Хорезмского ОПХ НИИИВП при ТИИИМСХ. Сбором и систематизацией многолетних ранее проведенных детальных исследований режимов орошения озимой пшеницы и хлопчатника в различных почвенно-мелиоративных условиях Хорезмского оазиса выбраны оптимальные варианты, рекомендованные для практического использования. Полевыми исследованиями фактических режимов орошения хлопчатника и озимой пшеницы доказано,

что на практике из-за множества производственных причин (недостаточной водообеспеченности, недостатка знаний, незаинтересованности поливальщиков в своем труде, организационных ошибок и др.) они отличаются от рекомендованных оптимальных. Усовершенствована методика расчета режима орошения сельскохозяйственных культур на базе используемой в международном Руководстве ФАО формулы Пенмана-Монтейта. Откорректированы ее параметры для местных условий на основании вышеуказанных детальных материалов полевых исследований.

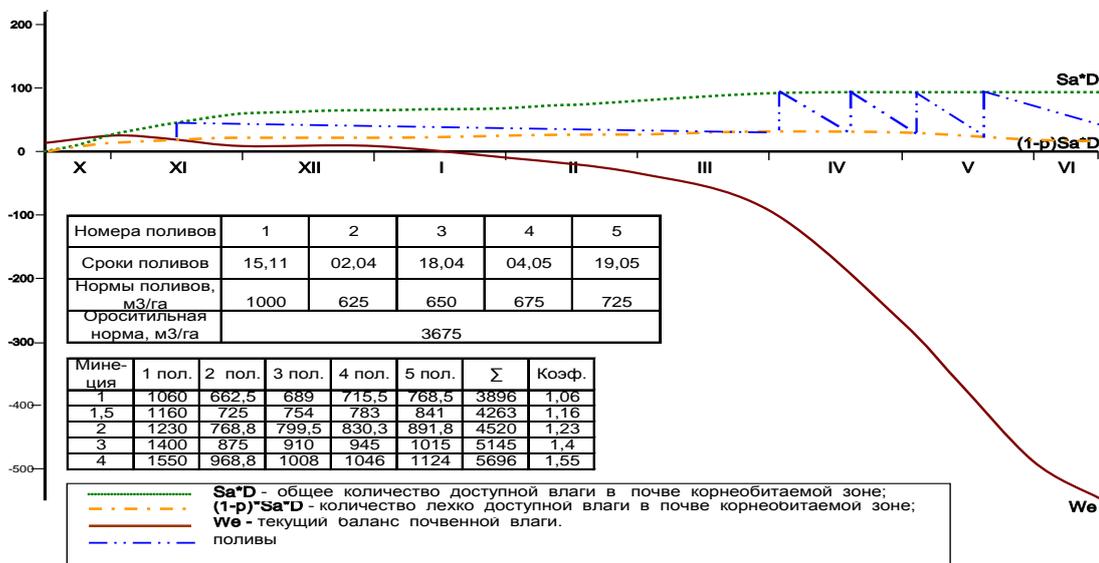
На материалах вариантов режима орошения, рекомендованного для практического использования, откалибрована модель в методике расчета режима орошения сельскохозяйственных культур, приведенной в международном Руководстве ФАО. На базе этой модели рассчитаны уточненные режимы орошения хлопчатника и озимой пшеницы для наиболее распространенных гидромодульных районов Хорезмской области.

Для учета роста минерализации оросительной воды использованы коэффициенты, приведенные в исследованиях НИИИВП. Эти режимы орошения для практического использования представлены в форме готовых таблиц с учетом минерализации и глубины залегания грунтовых вод, доступного объема влаги в почве, вида культуры и др. Пример расчета режима орошения для одного из гидромодульных районов Хорезмской области приведен ниже для озимой пшеницы при глубине залегания грунтовых вод 1-2 м (рис. 1) и 2-3 м (рис. 2).



Графо-аналитический расчет биологически потребного режима орошения озимой пшеницы на основании адаптации международной методике ФАО по материалам детальных исследований прошлых лет для VIII гидромодульного района Сырдарьинской области (УГВ 1-2 м)

Рисунок 1 - Графо-аналитический расчет биологически потребного режима орошения озимой пшеницы на основании адаптации международной методике ФАО по материалам детальных исследований для VIII гидромодульного района Хорезмской области (УГВ 1-2 м)



Графо-аналитический расчет биологически потребного режима орошения озимой пшеницы на основании адаптации международной методике ФАО по материалам детальных исследований прошлых лет для V гидромодульного района Сырдарьинской области (УГВ 2-3 м)

Рисунок 2 - Графо-аналитический расчет биологически потребного режима орошения озимой пшеницы на основании адаптации международной методике ФАО по материалам детальных исследований для VIII гидромодульного района Хорезмской области (УГВ 2-3 м).

#### Список использованных источников

1. Маткаримов Ж.М., Джалилова Т., - Исследования водосберегающей технологии полива в условиях дефицита водных ресурсов в низовьях бассейна р. Амударьи. //Актуальные проблемы водного хозяйства и мелиорации орошаемых земель. Материалы республиканской научно-практической конференции. г.Ташкент, 2011.С.310-314.
2. Безбородов Г.А., Безбородов Ю.Г. Совершенствование методики мониторинга солевого режима орошаемых земель // Мелиорация и водное хозяйство. -2008.№6С.29-31.
3. Костяков А.Н. Основы мелиорации.- М.,1960 г. С.622
4. Водопотребление сельхозкультур (ФАО) Материалы по ирригации и дренажу. (Книга 29) – Рим,1976 , С.129

УДК 631.05.1

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДЪЕМА ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ДРУГИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ АПК

**Ж.К. Джусупова, Е. Саркынов, Ж.З. Жакупова**

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

Как отметил Глава государства Нурсултан Назарбаев в послании "Стратегия Казахстан-2050: новый политический курс состоявшегося государства", одним из вызовов текущего столетия станет нехватка питьевой воды. В Казахстане уже сегодня назревает проблема нехватки питьевой воды. По обеспеченности водой Казахстан занимает последнее место среди стран СНГ. На одного жителя страны приходится в год всего 6 тыс. кубических метров во-

ды. На сегодня более трети населения Казахстана использует привозную воду или колодезную. Особо остро проблемы по обеспечению питьевой водой наблюдаются в сельской местности. Даже в наши дни доступ к питьевой воде является серьезной проблемой для многих сел Казахстана. По результатам мониторинга из 7093 сельских поселений Казахстана, 4493 были определены как села с низким или средним потенциалом к развитию. Ненадежная подача питьевой воды является ключевой причиной этого. Оценка состояния уровня жизни сельского населения показала, что 267 сел используют привозную воду, а 4114 сел имеют доступ к воде неопределенного качества. В настоящее время в некоторых сельских регионах Казахстана воду для бытовых нужд берут из колодцев, колонок или арыков. Для полива сельскохозяйственных культур используют такую установку как дождевальная машина. Одним из факторов недостаточной водообеспеченности является изношенность систем водоснабжения. Системы водоснабжения находятся в плачевном состоянии, большая их часть была построена в период Советского Союза и с тех пор не получала надлежащего технического обслуживания, необходимые ремонтные и восстановительные работы не проводятся [1,4].

Кроме того, в послании Президента страны Н.А. Назарбаева от 31.01.2017г. большое внимание уделяется аграрному сектору, также говорится, что агропромышленный комплекс Казахстана имеет перспективное будущее и Бренд «made in Kazakhstan» должен стать эталоном по производству экологически чистых продуктов питания [2].

Общая площадь естественных кормовых угодий республики составляет 189,3 млн. га, или 69,5 % всей территории. При этом пастбища занимают 184,3 млн. га, сенокосы - 5,0 млн. га. В структуре территории летние пастбища составляют 51,6, весенне-летние - 77,1, зимние - 30,0 и пастбища круглогодичного использования - 26,3 млн. га [3].

Для улучшения качества жизни сельского населения можно предложить использование гидротурбинной насосной установки, предназначенной для подачи воды из водотоков (рек, каналов, отводных накопительных водоемов) с подачей до 5 м<sup>3</sup>/ч и напором до 15 м.

В настоящее время во всем мире, в том числе в Казахстане, в связи с дефицитом традиционного источника энергии (топлива) в топливно-энергетической системе и в целях ее экономии, а также снижения темпов ухудшения окружающей среды, приходят к использованию возобновляемых источников энергии (ветровой, водной и биогазовой).

Наиболее доступным видом водообеспечения, не требующим больших затрат, являются наземные водоисточники – естественные и искусственные, в большинстве из которых может быть использована кинетическая энергия движущейся воды в качестве энергоисточника для привода альтернативных насосных установок, работающих по энергосберегающей и экологически чистой технологии водоподъема, позволяющих повысить эффективность механизации водоснабжения для хозяйственных и бытовых нужд сельскохозяйственного потребителя.

Из-за отсутствия на рынке альтернативных насосных установок, сельскохозяйственные и другие потребители, расположенные в зонах водотоков, вынуждены использовать традиционные центробежные насосные установки с приводом от двигателей внутреннего сгорания, требующие больших эксплуатационных затрат, в т.ч. дорогостоящего топлива.

Проблема эффективного водоснабжения с использованием естественных энергетических ресурсов воды в современных условиях перспективна и актуальна, решение ее рационально осуществить из мелководных водотоков насосными установками с использованием при определенных условиях гидротурбинного способа водоподъема, конструкция которого по техническому решению проста и надежна в эксплуатации и не ухудшает экологию окружающей среды.

Новизна заключается в конструкции приемной части, которая выполнена в виде Z-образной питательной трубы с телескопическим соединением для регулирования по высоте водозабора и создания дополнительного подпора воды в приемной части, и конструкции гидротурбины с радиально-осевым направлением потока воды.

Гидротурбинная насосная установка (рисунок 1) состоит из гидротурбинной (1, 2, 3), насосной (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) и удерживающей (13,14) частей.

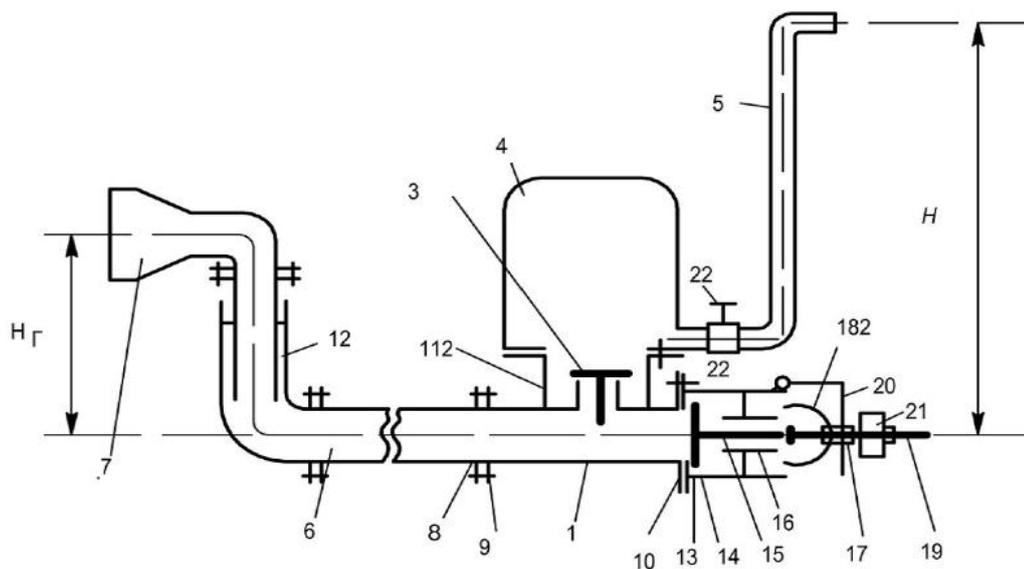


Рисунок 1 - Гидротурбинная насосная установка

Гидротурбинная часть состоит из приёмного фильтра 1, корпуса 2 и рабочего колеса турбины 3 с приводным валом, вращающимся в подшипниках скольжения.

Приемный фильтр 1 состоит из входного конуса с фильтром 15 и двух трубных патрубках 16 и 17, телескопически соединенных между собой. На цилиндрический патрубок входного конуса 15 устанавливается рама-щит 13.

Насосная часть состоит из насоса центробежного, включающего четыре рабочих колеса 4 с приводным валом, направляющих 5, корпуса 6 с всасывающим и нагнетательным патрубками и торцевой крышки 7. На нагнетательном

патрубке установлен водоподъемный рукав 8 с вентилям 9, а на всасывающей трубке - приёмный переходник 10. Вал рабочего колеса вращается в подшипниках скольжения и приводится во вращательные движения от вала турбины через две пары одинаковых зубчатых колес 11 и 12. Удерживающая часть состоит из рамы-щита 13, которая крепится на трубке входного конуса с фильтром турбинной части, и опоры 14 [5].

**Технологический процесс насосной установки.** Поток воды через приёмный фильтр корпуса 1 турбинной части, погруженный в водоток, поступает в направляющую 2 и, распределяясь порциями, действует за счет силы энергии на лопатки рабочего колеса 3 турбины, приводя ее во вращательное движение, которая через вал и муфту 11 приводит во вращательное движение рабочие колеса 4 центробежного насоса. Вода через приёмный фильтр 10 всасывается во внутреннее отверстие рабочего колеса 4 насоса и своими лопатками через направляющие нагнетается в нагнетательный патрубок корпуса, а при открытии вентиля 9 вода через рукава 8 поступает потребителю. При закрытии вентиля 9 подача воды прекращается, однако насосная установка работает, создавая максимальный напор в нагнетательном патрубке корпуса 6 насоса, а при последующем открытии вентиля процесс подачи воды потребителю продолжается. Гидротурбинная насосная установка по сравнению с аналогами имеет следующие технико-экономические преимущества:

1. Повышается основной показатель - подача в 3,6 раза.
2. Расширяется диапазон использования - не только для мелководных водотоков, но и для глубоководных водотоков и для арычной системы полива городских озеленяющих территорий.

**Теоретические исследования гидротурбинного способа водоподъема.** Технологический процесс гидротурбинного способа водоподъема разработанной схемы насосной установки (рисунок 2) теоретически не полностью изучен.

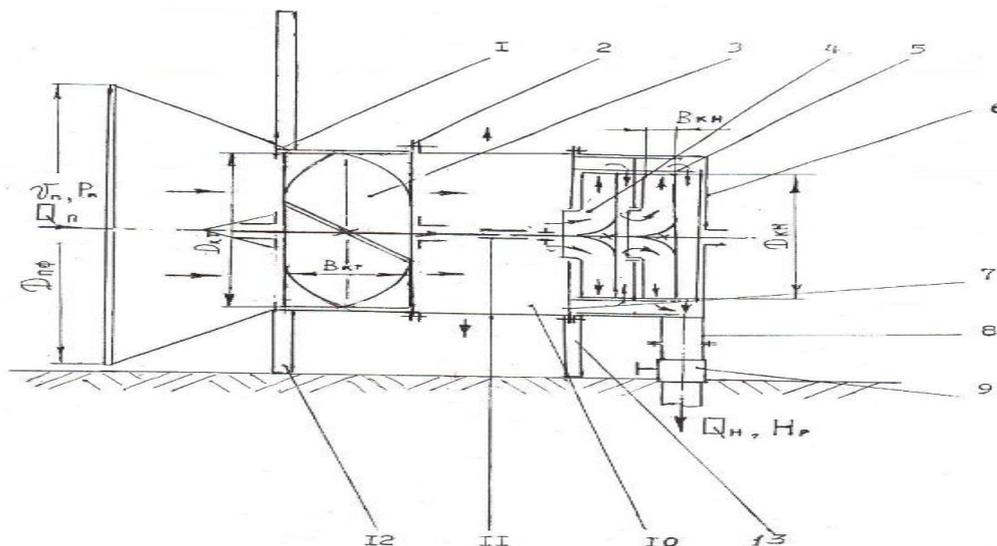


Рисунок 2 — Принципиальная схема гидротурбинной насосной установки:

1 - корпус турбины с приемным фильтром, 2 - направляющая турбины, 3 - колесо турбины с приводным валом, 4 - колесо насоса с приводным валом, 5 - направляющая колеса насоса, 6 - корпус насоса со всасывающей и нагнетательными патрубками, 7 - крышка корпуса насоса, 8 - рукав, 9 - вентиль, 10 - приёмный фильтр, 11 - муфта соединительная, 12 - рама-щит, 13 - опора насоса

Отличительная особенность технологического процесса гидротурбинного способа водоподъема на заданную высоту из движущегося водотока заключается в использовании эффекта осевого скоростного потока воды и радиально направленного движения его на рабочие лопатки гидротурбины, приводящие во вращательное движение рабочего колеса центробежного насоса.

При исследовании технологического процесса гидротурбинного способа водоподъема были даны основные аналитические зависимости по определению его параметров.

**Теоретические основы по гидротурбинной части.** В связи с тем, что в гидротурбинном способе водоподъема применен отличительный тип гидротурбины с осевым сужающимся водотоком и радиальным направленным движением скоростного потока воды на рабочие лопатки колеса гидротурбины, были внесены в теоретические зависимости уточнения, учитывающие критерии увеличения скорости потока воды, направленность движения и рассмотрены выше указанные функциональные зависимости по определению основных параметров: напора  $H$  (1), действующего на лопатки гидротурбины; диаметра  $D_{KT}$  (2) и ширины  $B_{KT}$  (3) колеса турбины; частоты вращения турбины  $n_T$  (4) и вырабатываемой мощности на валу гидротурбины  $N_{BT}$  (5).

Напор, действующий на лопатки рабочего колеса турбины, равен:

$$H = \frac{\vartheta_{ЛТ}^2}{2g} + h_{BT}, \text{ м} \quad (1)$$

где:  $\vartheta_{ЛТ}^2$  - средняя скорость потока струи воды на входе лопаток колеса гидротурбины, м/с:

$$\vartheta_{ЛТ}^2 = K_c \cdot v_n^2, \text{ м} \quad (2)$$

где:  $\vartheta_n^2$  - скорость потока воды в приемном фильтре гидротурбины, м/с;

$K_c$  – коэффициент увеличения скорости потока воды в турбине (за счет уменьшения проходного сечения в направляющей (корпусе) по сравнению с проходным сечением приемного фильтра и напора водотока от дополнительного подпора воды за счет рамы-щита);

$h_{BT}$  – напор водотока, м.

Диаметр рабочего колеса турбины по формуле:

$$D_{KT} = \left( \frac{Q}{H_c^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{1}{2}}, \text{ м} \quad (3)$$

где:  $Q$  - расход воды гидротурбиной, м<sup>3</sup>/с;

$H_c$  – скоростной напор воды, действующий на лопатки турбины, м:

$$H_c = \frac{\vartheta_{ЛТ}^2}{2g}, \text{ м} \quad (4)$$

Ширина колеса турбины:

$$B_{KT} = \frac{Q}{\mu \cdot \vartheta_{ЛТ} \cdot h_{ЛТ} \cdot i_{ЛТ}}, \text{ м} \quad (5)$$

где:  $\mu$  – коэффициент расхода воды через отверстие.

Ширина направляющей турбины:

$$B_{HT} = \frac{B_{KT}}{K_T}, \text{ м} \quad (6)$$

где:  $K_T$  – коэффициент уменьшения ширины колеса турбины по отношению к ее направляющей.

Частота вращения рабочего колеса турбины:

$$n_T = \frac{\vartheta_{ЛТ}}{\pi D_{KT}} = \frac{\sqrt{2gH_c}}{\pi D_{KT}}, \text{ с}^{-1}. \quad (7)$$

Мощность на валу колеса турбины

$$N_{BT} = P_{OKP} \cdot \vartheta_{OKP} \cdot \eta_T = \gamma H \cdot B_{KT} \cdot \kappa_{ЛТ} \cdot h_{ЛТ} \cdot \pi n_T \cdot D_{KT} \cdot n_T, \text{ Вт} \quad (8)$$

где:  $P_{OKP}$  – окружная сила на колесе гидротурбины, Н:

$$P_{OKP} = \gamma H \cdot B_{KT} \cdot \kappa_{ЛТ} \cdot h_{ЛТ}, \quad (9)$$

где:  $\gamma$  – удельный вес воды водотока, Н/м<sup>3</sup>;

$H$  – напор, действующей на лопатки колеса турбины, м;

$h_{ЛТ}$  – высота лопатки колеса турбины, м;

$\kappa_{ЛТ}$  – коэффициент увеличения длины лопатки колеса по отношению к ширине колеса турбины;

$\vartheta_{OKP}$  – окружная скорость колеса турбины ( $u_{ак} = u_{ЛТ}$ ), м/с:

$$\vartheta_{OKP} = \omega \frac{D_{KT}}{2} = \pi n_T \cdot D_{KT}, \quad (10)$$

где:  $\omega$  – угловая скорость колеса турбины, рад/с:

$$\omega = 2\pi \cdot n_T. \quad (11)$$

**Насосная часть.** В технологическом процессе водоподъема центробежным насосом основными являются развиваемый напор  $H_p$ , подача  $Q_H$  и мощность на валу  $N_{вн}$ , а входными – мощность на валу колеса турбины  $N_{вт}$ , подающая на вал центробежного насоса.

Для определения зависимости указанных параметров в упрощенном виде приняли гипотезу, что напор насоса создается за счет центробежной силы массы воды, нагнетаемой лопастями рабочего колеса при ее вращении.

Используя формулы определения центробежной силы по классической механике и гидродинамике и выражение по определению полезной мощности при водоподъеме, рассмотрены вышеуказанные функциональные зависимости по определению основных параметров напора насоса  $H_p$  (6); подачи  $Q_H$  (7) и мощности на валу насоса  $N_{вн}$  (8) [6,7].

**Напор насоса  $H_p$**

Центробежная сила по классической формуле механики:

$$F_{ц} = \frac{m \cdot \vartheta^2}{R}, \text{ Н} \quad (12)$$

где:  $m$  – масса воды, находящаяся в рабочем колесе насоса, кг:

$$m = \frac{\pi(D_{НК}^2 - D_{ВН}^2)}{4} \cdot V_{ЛКН} \cdot \rho, \quad (13)$$

где:  $\rho$  – плотность воды в насосе, кг/м<sup>3</sup>;

$\vartheta$  – окружная скорость воды на выходе из лопаток колеса насоса, м/с:

$$\vartheta = \omega R = 2\pi \cdot n_{КН} \cdot R, \quad (14)$$

$\omega$  – угловая скорость колеса насоса, рад/с:

$$\omega = 2\pi \cdot n_{КН}, \quad (15)$$

где:  $n_{КН}$  – частота вращения колеса насоса, с<sup>-1</sup>;

$R$  – радиус наружного диаметра колеса насоса, м.

Подставляя значения  $m$  из (13) и  $\vartheta$  из (14), получим:

$$F_{ц} = \pi^3 \cdot \rho \cdot (D_{НК}^2 - D_{ВН}^2) \cdot n_{КН}^2 \cdot V_{ЛКН} \cdot R. \quad (16)$$

С другой стороны, центробежная сила по формуле гидромеханики равна:

$$F_{ц} = P_{И} \cdot \pi^3 \cdot D_{НК}^2 \cdot V_{ЛКН} = \gamma \cdot H_p \cdot \pi^3 \cdot D_{НК}^2 \cdot V_{ЛКН}, \quad (17)$$

где:  $P_{И}$  – избыточное давление, создаваемое рабочим колесом насоса, Па:

$$P_{И} = \gamma \cdot H_p = \rho \cdot g \cdot H_p, \quad (18)$$

где:  $\gamma$  – удельный вес воды в насосе, Н/м<sup>3</sup>.

Приравнявая (17) и (18) и решая уравнение относительно  $H_p$ , получим:

$$H_p = \frac{\pi^2}{2g} \cdot (D_{НК}^2 - D_{ВН}^2) \cdot n_{КН}^2. \quad (19)$$

Частота вращения колеса насоса  $n_{КН}^2$  при заданных значениях  $H_p$  находится из (19):

$$n_{КН}^2 = \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot H_p}{D_{НК}^2 - D_{ВН}^2}}. \quad (20)$$

**Подача насоса  $Q_H$  определяется по формуле:**

$$Q_H = \frac{\pi}{4} (D_{НК}^2 - D_{ВН}^2) \cdot V_{ЛКН} \cdot n_{КН}^2, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (21)$$

**Мощность на валу насоса  $N_{ВН}$  должна удовлетворять условию**

$$N_{ВН} \leq N_{ВТ}, \quad (22)$$

где:  $N_{ВТ}$  – мощность на валу турбины, Вт.

Мощность насоса определяется по формуле:

$$N_{ВН} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_H \cdot H_p}{\eta_H}, \text{ Вт} \quad (23)$$

где:  $\eta_H$  – КПД насоса.

При замене  $Q_H$  из (21) на  $H_p$  из (19) формула (23) имеет вид:

$$N_{ВН} = \frac{\rho \cdot \pi^3}{8\eta_H} (D_{НК}^2 - D_{ВН}^2) \cdot V_{ЛКН} \cdot n_{КН}^2, \text{ Вт}. \quad (24)$$

Таким образом, на основе результатов изучения гидротурбинной насосной установки, которая защищена патентом [8], рекомендуется использование

экологически чистой и энергосберегающей технологии водоподъема с приводом от гидроэнергии водотоков для водоснабжения сельскохозяйственных и других потребителей АПК.

#### **Список использованных источников**

1. Послание Президента РК Лидера нации Н.А. Назарбаева народу Казахстана Стратегия «Казахстан-2050».
2. Н.А. Назарбаев Послание народу Казахстана: «Третья модернизация: глобальная конкурентоспособность». Астана., 31.01.2017г.
3. Тажибаев Л.Е., Ким Ф.Н. Пастбищно-водные ресурсы-основа интенсификации овцеводства Казахстана.-Алма-Ата,1982.
4. Ж.К. Джусупова Оценка состояния уровня жизни сельского населения, Минск., 02.03.2017г.
5. Яковлев А.А, Саркынов Е.С., Кожамкулов Д.А., Ибраимов А.К., Домалаков Д.А. Обводнение пастбищ в Казахстане с использованием энергосберегающей технологии водоподъема с приводом от гидроэнергии водотоков // Сборник материалов Международной научно-практической конференции посвященный 85-летию образования Казахского национального аграрного университета и 100-летию заслуженного деятеля науки Республики Казахстан Тажибаева Л.Е., 2-3 октября, 2015 год. –С. 201-210.
6. Яковлев А.А., Саркынов Е. Обоснование типа насосной установки с проводом от энергии движущейся воды в водотоках // Отчёт по НИР заключительный // Повышение эффективности системы сельскохозяйственного водопользования: материалы респуб. науч. практ. конф. – Алматы: КазНАУ, 2003.-С. 190-193.
7. Яковлев А.А., Саркынов Е., Погуляев А.Д., Асанбеков Б.А. Технология подъема воды с использованием гидротурбинной насосной установки с приводом от энергии движущейся воды в водотоках для водоснабжения сельскохозяйственных и других потребителей АПК // Сборник материалов межд. научно-практ. конф. на тему: «Повышение конкурентоспособности сельскохозяйственного производства Казахстана: проблемы, пути решения». – Алматы: КазНАУ,2007.- С.212-213.
8. Патент РК № 29674. Гидротурбинная насосная установка / Есполов Т.И., А.А.Яковлев, Е.Саркынов, Б.А.Асанбеков, Малау Р.С., Баймаганбетовна М.О.; опубл. 24.02.2015, Бюл.№ 3.

УДК 631.6

## **ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМАТИЗАЦИЯ ЛАНДШАФТНЫХ КАТЕН ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ КАРАТАЛ**

<sup>1</sup> Н.П. Карпенко, <sup>2</sup> Ж.С. Мустафаев, <sup>2</sup> К. Жанымхан

<sup>1</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

Катенарный подход является основой геоморфологической схематизации катен при обосновании необходимости мелиораций водосборов бассейна реки Каратал, то есть водосбор представлен набором катен по количеству равным физико-географическим районам на водосборе. Геоморфологическая схема катены состоит из четырех фаций с разным высотным взаиморасположением, то есть элювиальная фация представляет возвышенность у водораздельной линии, трансэлювиальная – склон до точки перегиба, трансаккумулятивная – склон после точки перегиба, супераквальная – низину надпойменных террас. Трансэлювиальная и трансаккумулятивная фации образуют транзитную фацию склона, а

супераквальная фация примыкает к водотоку. Такая схематизация дифференцирует фации по типу водного питания, то есть, учитывает размеры и формы рельефа, представляет катену как элементарный водосбор с его характерными особенностями [1, 2].

Геоморфологическая схематизация водосбора бассейна реки Каратал произведена на основе методологического подхода А.И. Голованова и обусловлена литологической основой и положением, которые характеризуются неоднородностью в гидрологическом режиме, в особенностях формирования почвенно-растительного покрова в пределах экосистем ее притоков, которые зависят от природно-климатических условий региона [1, 2].

На территории водосборов бассейна реки Каратал выделяются горная, предгорная, предгорная равнинная и равнинная ландшафтные зоны, которые отличаются суммой биологически активных температур ( $\sum t, ^\circ C$ ), атмосферных осадков ( $O_c$ ), испаряемостью ( $E_o$ ) и фотосинтетически активной радиацией ( $R$ ) (таблица 1):

Таблица 1 – Физико-географическое районирование бассейна реки Каратал

Метеостанция	$H$ , м	Природно-климатический район по фациям водосборов рек	Показатели физико-географического районирования			
			$O_c$ , мм	$\sum t$ , $^\circ C$	$E_o$ , мм	$R$ , кДж/см <sup>2</sup>
Горный класс ландшафтов или элювиальная фация ( $B_g$ )						
Кугалы	1365	горная	350	2250	675	149.0
Кос-Агаш		горная	345	2300	690	150.8
Предгорный подкласс ландшафтов или трансэлювиальная фация ( $B_{mэ}$ )						
Сарюзек	948	предгорная	270	3000	900	175.9
Талдыкурган	602	предгорная	230	3100	930	179.5
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов или трансаккумулятивная фация ( $B_{ma}$ )						
Уштобе	428	предгорно-равнинная	212	3180	954	182.4
Равнинный класс ландшафтов или супераквальная фация ( $B_{ca}$ )						
Найменсуек	349	равнинная	195	3200	960	183.0

1. Горный район Джунгарского Алатау (элювиальная фация), где гидротермический коэффициент ( $ГТК$ )  $< 0.70$  с суммой температуры воздуха выше  $10^\circ$  меньше  $2800^\circ C$ .

2. Очень засушливая, предгорная зона (трансэлювиальная фация) с гидротермическим коэффициентом ( $ГТК$ ) –  $0.50-0.70$  и суммой температуры выше  $10^\circ$  равной  $2800-3200^\circ C$ .

3. Сухая умеренная зона (трансаккумулятивная фация), где гидротермический коэффициент ( $ГТК$ ) –  $0.30-0.50$  с суммой температуры воздуха выше  $10^\circ$  равной  $3200-3500^\circ C$ .

4. Очень-сухая зона (супераквальная фация), где гидротермический коэффициент ( $GTK$ ), характеризующий влаго- и теплообеспеченность – 0.20-0.30, с суммой температуры воздуха выше  $10^\circ$  равной 3200-3500 $^\circ$ C.

На основе таблицы 1 разработана геоморфологическая схематизация водосбора бассейна реки Каратал от элювиальной до субаквальной фации, где высота расположения их постепенно уменьшается, что дает возможность производить геоморфологическую схематизацию ландшафтных катен водосбора (таблица 2).

Таблица 2 – Геоморфологическая схематизация ландшафтных катен водосбора бассейна реки Каратал

Природно-климатические зоны		Абсолютная высота поверхности земли ( $H$ ), м	Административные районы
класс ландшафтов	фация		
Горная	Элювиальная	<1400	Кербулакский Коксуский
Предгорная	Трансэлювиальная	600-1400	Кербулакский Есельдинский Коксуский
Предгорная равнинная	Трансаккумулятивная	450-600	Есельдинский Каратальский
Равнинная	Супераквальная	>450	Караталский

Как видно из таблицы 2, приведенная классификация водосборов бассейна реки Каратал в целом совпадает с природно-климатическим и ландшафтным районированием, то есть первая классификация опирается на относительные значения (например: степень увлажнения), а вторая – на абсолютные значения (например: рельеф местности). В силу этого наблюдаются небольшие несоответствия между классификациями и необходимо определиться с основной классификацией [3].

Таким образом, для комплексного обустройства больше подходит классификация по природно-климатическим показателям, объединяющая водосборы и их катены в однотипные ландшафтные группы по наиболее значимым показателям по тепловлагообеспеченности [4]. Согласно этой классификации необходимо выполнять обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель и оптимизацию инфраструктуры водосборов при комплексном обустройстве бассейна реки Каратал.

#### Список использованных источников

1. Голованов А. И., Сухарев Ю. И., Шабанов В. В. Комплексное обустройство территорий – дальнейший этап мелиорации земель // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – №2. – С.25-31.
2. Айдаров, И. П. Комплексное обустройство земель. – М.: МГУП, 2007. –208 с.
3. Хафизов А.Р., Хазипова А.Ф., Шакиров А.В. Геоморфологический анализ равнинных водосборов Западного Башкортостана при их комплексном обустройстве // Проблемы региональной экологии. - М., 2009.-№5. – С. 125-129.

4. Жанымхан К., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Природный потенциал водоборов бассейна реки Каратал // Сборник материалов международной научно-практической конференции молодых ученых «Вклад молодых ученых в индустриально-инновационное развитие агропромышленного комплекса». – Алматы, 2016. – том 1. – С. 192-195.

УДК 631.6

## **К ВОПРОСУ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ УЛУЧШЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

**Кененбаев Т.С.**

РГП «Казводхоз», г. Астана, Казахстан

Академик А.Н. Костяков является основоположником теоретической основы водного хозяйства и мелиорации земель. Для дальнейшего результативного развития его идей и разработок по мелиорации гидрологических, почвенных и в целом природных условий наряду с технологическими исследованиями крайне важны комплексные научно-практические меры по улучшению институциональных, экономических и функциональных взаимосвязей водного хозяйства и мелиорации сельскохозяйственных земель с учетом рыночных принципов и условий.

Необходимо отметить, что при отсутствии четкой институциональной и эксплуатационной «границы» и ответственности между водным хозяйством и мелиорацией сельскохозяйственных земель и, особенно, с оросительными мелиорациями, будет сложно добиться улучшения их функциональных взаимосвязей, взаимодействий и взаимоотношений.

Продолжатели учения академика А.Н. Костякова, известные ученые А.И. Голованов и И.П. Айдаров [1] сформулировали понятие «мелиоративный режим земель». А.И. Голованов [2] отметил, что сущность мелиорации сельскохозяйственных земель заключается в качественном целенаправленном изменении состава и свойства почв и в управлении почвенными процессами через воздействия и оптимизацию водного режима активного слоя почвы. Необходимость более углубленного развития мелиорации сельскохозяйственных земель получила обоснование в научных работах Ж.С. Мустафаева [3].

Тем не менее, специалистами часто допускается отнесение гидромелиоративных систем к водохозяйственным системам и объектам, без учета их принципиальных различий (классность и степень конструктивной сложности сооружений, формы собственности, источники финансирования эксплуатационных и капитальных затрат, вопросы налогообложения и передачи в управление, особенности их инвестирования и др). В отдельных случаях источники орошения включают в состав мелиоративных (оросительных) систем, хотя они являются природными водными объектами: реки, недра земли и др. Водохра-

нилища на руслах рек также являются дополняющим компонентом и элементом этой реки, находятся с ним в конструктивном, ландшафтном и режимном симбиозе (адаптируют русло и режим стока реки, предупреждают вредное действие вод). Следовательно, эти гидроузлы, решая гидрологические проблемы рек, больше подходят к водохозяйственной инфраструктуре, но никак не могут быть составной частью оросительной системы. Водохранилища по регулированию местного стока также являются элементом комплекса инфраструктуры по водообеспечению и предупреждению вредных влияний вод. Отнесение оросительных систем или их составных элементов к водохозяйственным системам или наоборот сооружений водохозяйственного назначения к гидромелиоративным системам в условиях рынка запутывают истинные роли и значения этих систем, создают проблемы при решении вопросов инвестирования, налогообложения и др., упрощают цели и задачи, страдает доскональность, не достигается глубина исследования и познания этих наук.

Наряду с водохранилищами, магистральные водоводы способствуют развитию и адаптации естественной гидрографической сети и их режима стока для решения комплекса задач: предупреждения вредного воздействия вод, удовлетворения потребностей в воде не только для гидромелиорации, но и населения, экосистем, промышленности и всех других водопользователей, включая рекреации, судоходства, водный спорт и туризм. Следовательно, каждый из таких магистральных водоводов (канал и трубопровод) можно приравнять к рекам или их рукавам, разветвлениям. Таким образом, многокилометровые магистральные водоводы (каналы, трубопроводы) по существу выполняя функции реки, приближают ее в маловодные районы, т.е. увеличивают густоту естественной гидрографической сети с учетом потребностей водопользователей. Важны также проекты по спрямлению русел рек.

В условиях рыночной экономики функциональные взаимосвязи и взаимодействия между водохозяйственными и гидромелиоративными системами должны основываться на рыночных отношениях или водных отношениях с соблюдением рыночных принципов. Для этого, как водохозяйственные, так и гидромелиоративные системы нуждаются в более углубленном исследовании по определению их места в управленческих и технологических сферах, и в целом в природообустройстве. Это позволит создать наиболее приемлемые институциональные условия для эффективного выполнения «истинных водохозяйственных» и «истинных гидромелиоративных» задач и функций.

Для эффективности взаимосвязи мелиорации сельскохозяйственных земель с водным хозяйством крайне необходимо обеспечение поддержки оросительных мелиораций другими видами сельскохозяйственных мелиораций. Для примера можно отметить важность глубокого мелиоративного рыхления оро-

шаемых земель с уплотненными горизонтами. По этому вопросу накоплен научно-практический опыт во ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова [4]. В орошаемых регионах целесообразно создавать государственные мелиоративные отряды (ГМО), оснащенные специальными видами техники для мелиоративного рыхления, капитальной планировки. Их можно будет передавать по мере развития мелиоративных кооперативов хозяйств-водопользователей в масштабе районов.

Из этого следует, что вопросы мелиорации сельскохозяйственных земель должны решаться, как утверждал соратник А.Н. Костякова академик И.А. Шаров, в тесной увязке с самой почвой, с мероприятиями по регулированию мелиоративных режимов почв, а также с агротехнологиями орошаемого земледелия.

Опираясь на труды ученых [1-5 и др.] можно сказать, что конструкции и функции водохозяйственных систем должны опираться на решение задач по оптимизации густоты и режимов гидрографической сети, а гидромелиоративных систем - на оптимизацию мелиоративных режимов почвы. Почву следует рассматривать как живой организм.

На основе вышеизложенного можно отметить: водохозяйственные системы - это совокупность гидротехнических сооружений, которые в комплексе решают задачи водного хозяйства; гидромелиоративные системы – это совокупность гидротехнических сооружений, которые в комплексе решают задачи гидромелиорации сельскохозяйственных земель.

Резюмируя изложенное можно отметить, что как водохозяйственные системы, так и гидромелиоративные системы нуждаются в углубленных комплексных мерах по их развитию, что приведет к эффективной функциональной взаимосвязи в соответствии с учениями академика А.Н. Костякова, с учетом особенностей рынка. Целесообразно конкретизировать термины, технические нормативы и правила эксплуатации водохозяйственных систем и гидромелиоративных систем с учетом истинных назначений и особенностей водного хозяйства и мелиорации сельскохозяйственных земель.

#### **Список использованных источников**

1. Айдаров И.П., Голованов А.И. Мелиоративный режим орошаемых земель и пути его улучшения // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 8. – С. 44–47.
2. Голованов, А.И. О целях и сущности мелиорации земель // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1991. – № 12. – С. 39–43.
3. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. -Тараз, 2004. - 306 с
4. Максименко, В.П., Волчкова Т.Л. Уплотнение почв на орошаемых землях и технологии мелиораций // Сб. материалов НПК «100-летие мелиоративной науки в России. 85-летие ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова». Том 2. – М.: ГНУ ВНИИГиМ, 2009. – С. 103 – 110.
5. Шаров И.А. Эксплуатация гидромелиоративных систем.-М.:Колос,1968.- 420с.

## ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВОДНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОБУСТРОЙСТВЕ ВОДОСБОРОВ БАССЕЙНА РЕКИ ШУ

<sup>1</sup>Кирейчева Л.В., <sup>2</sup>Козыкеева А.Т., <sup>3</sup>Даулетбай С.Д.

<sup>1</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Проведение водных мелиораций при комплексном обустройстве бассейна реки Шу обосновано необходимостью повышения природно-ресурсного потенциала [1]. Водосборы бассейна реки представлены схематизированными катенами, состоящими из сопряженных фаций с разным высотным взаимоположением: возвышенность (элювиальная фация), склон (транзитная фация) и низина (супераквальная фация). Количество катен на водосборе соответствует количеству физико-географических районов бассейна реки Шу, расположенных на территории водосборного бассейна. Каждая катена характеризуется собственной комбинацией метеорологических, почвенно-геологических, гидрогеологических условий и геоморфологических схем [2,3].

При оценке экологической устойчивости водосборов бассейна реки Шу использован коэффициент стабильности для мелиоративной пашни ( $K_{mn}$ ) по И.П. Айдарову [4]:  $K_{mn} = K_n \cdot \eta$ , где  $K_n$  - коэффициент экологической устойчивости в естественном состоянии;  $\eta$  - мелиоративная составляющая устойчивости, принимаемая по предложению И.П. Айдарова [3]:

$$\eta = (c + g)_n / (c + g)_{mn} \cdot (Y_{mn} / Y_n),$$

где:  $Y_n, (c + g)_n$  и  $Y_{mn}, (c + g)_{mn}$  - соответственно урожайность сельскохозяйственной культуры, поверхностный сток и влагообмен между почвенными и грунтовыми водами на не мелиорируемых и мелиорируемых катенах.

Оценку экологической стабильности агроландшафтов приводят в соответствии со следующей шкалой [5]:  $\eta < 0.33$  - ландшафт нестабильный;  $\eta = 0.34 - 0.50$  - малостабильный;  $\eta = 0.51 - 0.67$  - среднестабильный;  $\eta = 0.67 - 1.00$  - стабильный.

Водный баланс для отдельных фаций водосборов при проведении водных мелиораций рассчитывался по следующему уравнению:

$$\pm g = \Delta W_i + O_{ci} + O_{pi} - E_{vi},$$

где:  $\Delta W_i$  - продуктивные запасы влаги в слое 1 м на начало биологически активного периода  $i$  - фации, мм;  $O_{ci}$  - атмосферные осадки биологически активного периода растений  $i$  - фации, мм;  $O_{pi}$  - оросительная норма  $i$  - фации,

мм;  $E_{vi}$  - эвапотранспирация  $i$  - фации, мм;  $\pm g_i$  - влагообмен между почвенными и грунтовыми водами  $i$  - фации, мм.

Изменения водных режимов фаций водосборов бассейна реки Шу при водных мелиорациях, объединенным по их высотным положениям приведены в таблице 1. Анализ водного режима фаций показал, что на статьи водных балансов влияют как морфологические показатели, так и характеристика почв и подстилающих грунтов водосбора, а также испаряющие способности почвенного и растительного покровов. Но в однотипных по высотному взаимоположению фациях наблюдается одинаковая направленность потока, так как очень высокая испаряющая способность природной среды не обеспечивает в естественных условиях промываемость почвы. После проведения водной мелиорации динамика влагопереноса по фациям сохраняется, что позволило объединить фации катен всех водосборов по их высотному взаимоположению и анализировать их усредненные значения (таблица 2).

Как показал выполненный прогнозный расчет, агроландшафтные системы водосбора бассейна реки Шу экологические стабильные, что достигается дополнительной водоподачей, объем которой превышает экологические нормы водопотребности.

Таблице 1 – Результаты прогноза водного режима до и после проведения мелиораций водосборов бассейна реки Шу

Фации	Ситуация	Статьи водного баланса, мм				$\pm g_i$	$\bar{Y}$
		$\Delta W_i$	$O_{ci}$	$O_{pi}$	$E_{vi}$		
Кыргызская экологическая система (Чуйская область)							
Элювиальная	до	80	409	-	392	-97	0.60
	после	80	409	180	392	-277	0.70
Трансэлювиальная	до	80	298	-	600	222	0.40
	после	80	298	320	600	-98	0.80
Трансаккумулятивная	до	80	352	-	800	368	0.30
	после	80	352	550	800	-182	0.85
Казахстанская экологическая система (Жамбылская область)							
Трансэлювиальная	до	80	125	-	880	675	0.35
	после	80	125	330	880	345	0.70
Трансаккумулятивная	до	80	90	-	1020	850	0.30
	после	80	90	600	1020	250	0.80
Супераквальная	до	80	84	-	1050	886	0.25
	после	80	84	700	1050	186	0.85
Субаквальная	до	80	67	-	1180	1033	0.20
	после	80	67	650	1180	383	0.85

Таблица 2 – Оценка стабильности агроландшафтов по водосбору бассейна реки Шу

Показатели	Кыргызская экологическая система (Чуйская область)			Казахстанская экологическая система (Жамбылская область)			
	Элювиальная	Трансэлювиальная	Трансаккумулятивная	Трансэлювиальная	Трансаккумулятивная	Супераквальная	Субаквальная
$\bar{Y}_n$	0.60	0.40	0.30	0.35	0.30	0.25	0.20
$\bar{Y}_{mn}$	0.70	0.80	0.85	0.70	0.80	0.85	0.85
$\bar{Y}_{mn} / \bar{Y}_n$	1.17	2.00	2.33	2.00	2.56	3.40	4.25
$(c + g)_n$	107	85	65	75	60	50	33
$(c + g)_{mn}$	177	198	282	245	256	275	283
$\bar{c}$	0.60	0.43	0.23	0.31	0.23	0.18	0.12
$\eta$	0.70	0.86	0.53	0.62	0.59	0.61	0.51

#### Список использованных источников

1. Кирейчева Л.В. Восстановление природно-ресурсного потенциала агроландшафтов комплексными мелиорациями // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2004. № 5. С. 32-35.
2. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Даулетбай С.Д. Моделирование функционирования водосборов бассейна реки Шу при комплексном обустройстве // *Гидрометеорология и экология*, 2014. - №2.- С.111-122.
3. Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т. Даулетбай С.Д. Комплексное обустройство реки Шу. - LAPLAMBERT, 2016. -139 с.
4. Айдаров, И. П. Комплексное обустройство земель. - М.: МГУП, 2007. - 208 с.
5. Агроэкология: методология, технология, экономика. - М.: Колос, 2004. -400 с.

УДК 532.532.2

## РАСХОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОМЕТРИЧЕСКОГО ВОДОСЛИВА С ТОНКОЙ СТЕНКОЙ

**А.М. Кушер**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Ввиду простоты реализации и, несмотря на ряд существенных недостатков, водосливы с тонкой стенкой (ВТС) достаточно широко применяются на мелиоративных системах. В большинстве случаев применяются водосливы с прямоугольным вырезом, так как в сравнении с водосливами трапецеидальной и треугольной формы они имеют более широкий диапазон расходов и меньший подпор верхнего бьефа. Дополнительным преимуществом является их изученность. Объем теоретических и экспериментальных работ, посвященных прямоугольному водосливу, превышает число исследований всех остальных типов ВТС. В настоящей работе приведены результаты расчета и анализа прямо-

угольного водослива с тонкой стенкой численным методом с применением разработанного специализированного программного комплекса [1,2]. К настоящему времени реализованы программные модули для расчета 14-ти стандартных и нестандартных конструкций. Расчеты отдельных конструкций различаются величиной расчетной области, включающей собственно конструкцию и отрезки сопряженных каналов, краевыми и начальными условиями.

Как показал анализ, известные выражения для расходной зависимости водослива с боковым сжатием дают существенно различающиеся результаты. Например, разность расходов на нижней границе допустимого диапазона напоров, вычисленных по формуле ассоциации швейцарских инженеров (SIA) и формуле Киндсватера-Картера достигает 9%. Поэтому в качестве эталона для оценки достоверности расчета водослива с помощью разработанного программного комплекса выбран ВТС в прямоугольном канале без бокового сжатия потока.

Эмпирические выражения для коэффициента расхода  $m$  в формуле:

$$Q = mb\sqrt{2gh}^{1.5} \quad (Q - \text{расход, } h - \text{напор}) \text{ имеют вид [3]:}$$

1) Базен (Bazin H.):

$$m = \left( 0.405 + \frac{0.0027}{h} \right) \left( 1 + 0.55 \left( \frac{h}{h+P} \right)^2 \right) \quad (1)$$

Ограничения:  $P \geq 2H$ ;  $b \geq 5h$ ;  $h_{min}=0.06$  м;  $h_{max}=0.65$  м;

2) Ребок (Rehbock T.):

$$m = 0.5689 \left( 1 + 0.1389 \frac{h}{P} \right), \text{ где } h = h_m - 0.0012. \quad (2)$$

где:  $h_m$  - измеренное значение.

Ограничения:  $h_{min}=0.03$  м;  $h_{max}=0.75$  м;  $P_{min}=0.1$  м;  $(h/P)_{max}=1$ ;  $b_{min}=0.3$  м;

3) SIA (Швейцарский союз инженеров и архитекторов):

$$m = 0.580 \left( 1 + \frac{0.001}{h+0.0016} \right) \left[ 1 + 0.5 \left( \frac{h}{h+P} \right)^2 \right] \quad (3)$$

Ограничения:  $h_{min}=0.025$  м;  $h_{max}=0.8$  м;  $P_{min}=0.3$  м;  $(h/P)_{max}=1$ ;  $b_{min}=0.3$  м;

4) White W.R. (Hydraulic Research Station, England):

$$m = 0.562 \left( 1 + 0.153 \frac{h}{P} \right) \quad (4)$$

Ограничения:  $h_{min}=0.013$  м;  $h_{max}=0.34$  м;  $P_{min}=0.15$  м;  $(h/P)_{max}=2.2$ ;  $b_{min}=0.2$  м;

5) Kindsvater C., Carter R., ISO 1438:

$$m = \frac{2}{3} C_e, \quad h = h_m + K_h; \quad b = B + K_b, \quad (5)$$

где:  $h_m$  - измеренное значение,  $B$  - ширина канала;

$K_b = -0.0009$  м (для водослива без бокового сжатия);

$K_h = 0.001$  м при  $h < 0.1$  м, в противном случае  $K_h = 0$ ;

$C_e = 0.602 + 0.075 \cdot (h/P)$ .

Ограничения:  $h_{min} = 0.03$  м;  $P_{min} = 0.1$  м;  $b > 0.15$  м;  $(h/P)_{max} = 2.5$ .

Для численного расчета параметры геометрии конструкции и диапазон напоров выбраны, исходя из общих ограничений приведенных формул. Ширина прямоугольного канала по дну - 0.5 м, высота порога - 0.5 м.

На рисунке 1а приведены расходные характеристики указанного водослива, вычисленные по вышеприведенным эмпирическим формулам, а на рисунке 1б - совместный график значений расхода, вычисленных численным и эмпирическим методом.

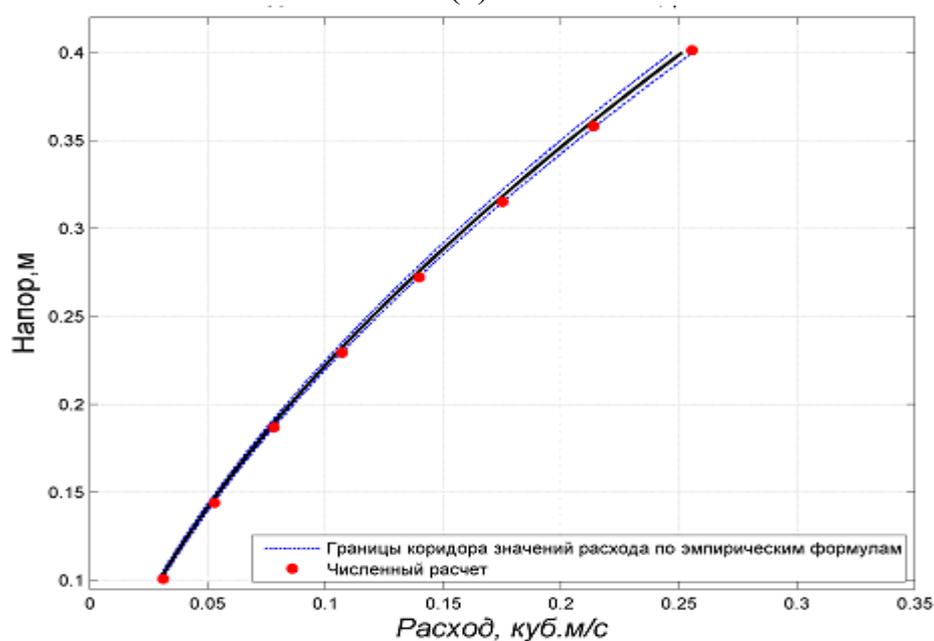
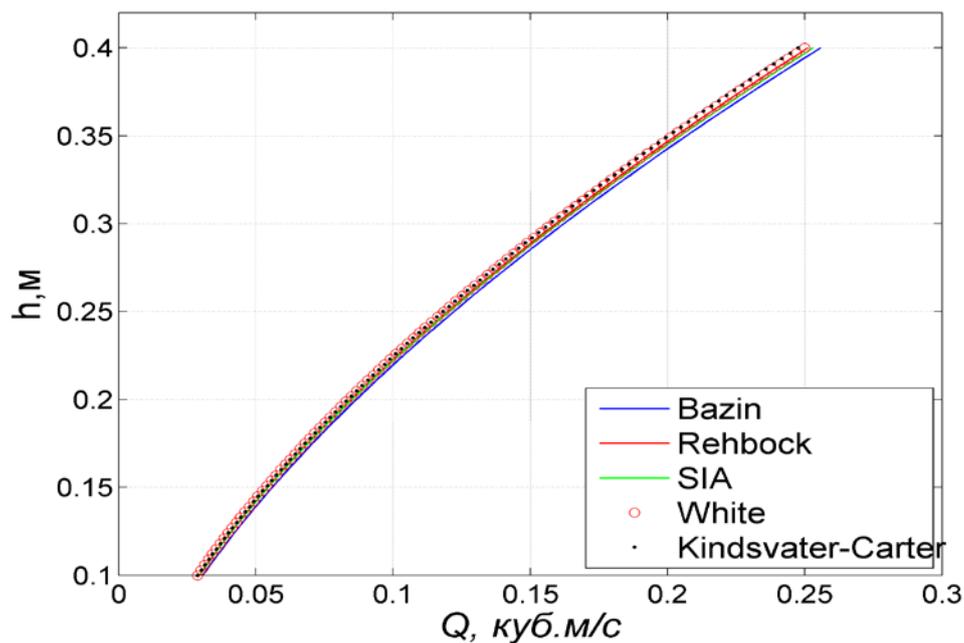


Рисунок 1 - Расходная зависимость водослива с тонкой стенкой без сжатия потока ( $B = 0.5$  м,  $P = 0.5$  м):

(а) - расходные характеристики водослива, вычисленные по эмпирическим формулам (1) ÷ (5), (б) - значения расхода, найденные численным методом

Средняя относительная разность значений расхода через контрольный водослив с тонкой стенкой, найденных численным и эмпирическим методами, равна  $\delta_{mean} = 2.0\%$ . Численные эксперименты показали практическую независимость расхода через водослив от профиля скорости в подводящем канале при малых напорах и его возрастающее влияние при больших значениях  $h/P$ .

Достоинством разработанного метода и программного обеспечения является возможность определения расхода при произвольных значениях напора и высоты порога. Точность определения расходной характеристики достаточна для технологического и коммерческого водоучета на каналах водохозяйственных систем.

#### **Список использованных источников**

1. Кушер А.М. Компьютерная технология расчета гидрометрических сооружений // "Мелиорация и водное хозяйство", №5, 2004, с.50-53.
2. Кушер А.М. Моделирование гидрометрических сооружений в каналах водохозяйственных систем // "Мелиорация и водное хозяйство", №6, 2015, с.19-23.
3. Филиппов Е.Г. Гидравлика гидрометрических сооружений для открытых потоков. Гидрометеоздат, Л., 1990

УДК 532.532.3

## **ТОЧНОСТЬ ЧИСЛЕННОГО РАСЧЕТА РАСХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОГО ВОДОСЛИВА С ШИРОКИМ ПОРОГОМ**

**Кушер А.М.**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Экспериментальные и теоретические исследования водослива данного типа продолжаются более 100 лет. Однако из-за трехмерного характера течения и большого числа влияющих факторов до сих пор отсутствует общепринятая теория потока через водослив. Поэтому в настоящее время для расчета расхода воды применяются эмпирические формулы, сконструированные на основе экспериментальных данных. Причем точность измерений в этих экспериментах и, соответственно, достоверность эмпирических формул конечному пользователю в большинстве случаев остается неизвестной. Кроме того, точное соблюдение гидравлических условий, для которых получена конкретная эмпирическая зависимость, трудно выполнимо, поскольку принятые в мировой практике способы задания ограничений их применимости не обеспечивают строгий учет структуры потока (в том числе, профиля скоростей в подводящем канале). В наибольшей степени это касается ограничений на соотношения предельный напор/высота (длина) порога.

Существенный вклад в исследование водослива данного типа внесли как иностранные, так и отечественные исследователи Кумин Д.И., Сухомел Г.И., Муромов В.С., Березинский А.Р., Смыслов В.В., разработавшие на основе экспериментальных данных эмпирические формулы для коэффициента расхода

неподтопленного водослива с широким порогом и вертикальными передней и задней стенками [1]:

$$m = m_s + \frac{0.385 - m_s}{1 + 2P/H}, \quad m_s = 0.32, \quad \text{Кумин Д.И., (1)}$$

$$m = 0.32 + 0.014 \frac{H}{P}, \quad \text{Сухомел Г.И., Розовский И.Л., Смыслов В.В., (2)}$$

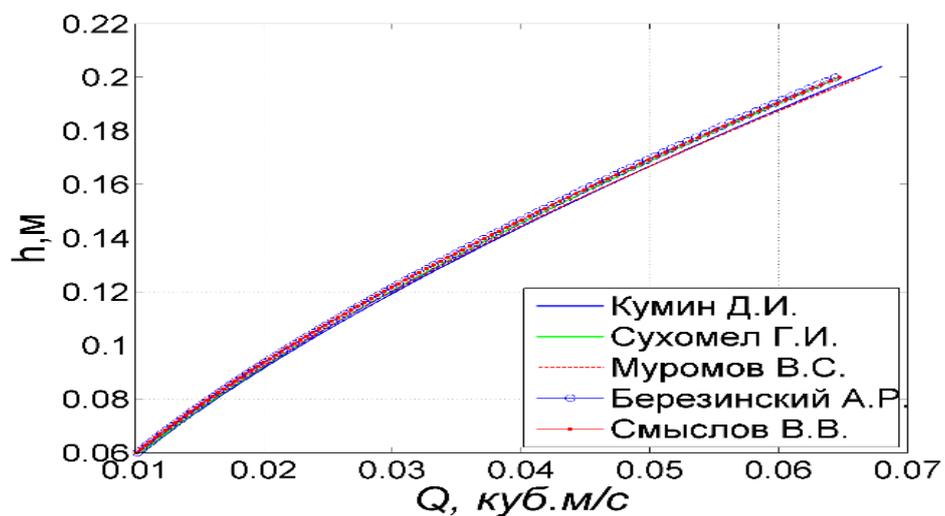
$$m = 0.306 \sqrt{\frac{P/H + 1}{P/H + 0.5}}, \quad \text{Муромов В.С., (3)}$$

$$m = 0.32 + 0.01 \frac{3 - P/H}{0.46 + 0.75 P/H}, \quad \text{Березинский А.Р., (4)}$$

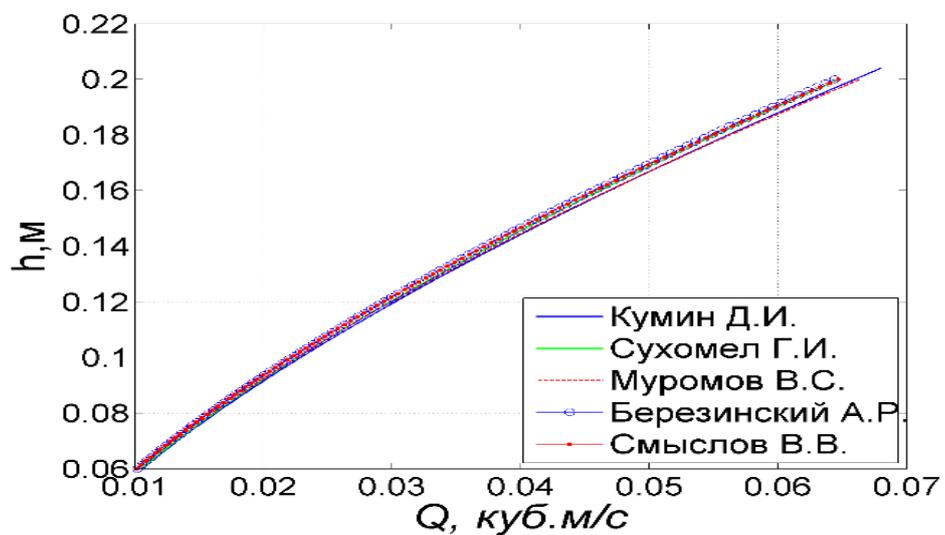
$$m = 0.3 + \frac{0.08}{1 + P/H}, \quad \text{Смыслов В.В. (5)}$$

В данной работе численный расчет водослива с широким порогом выполнен с применением разработанного автором специализированного программного комплекса для расчета гидрометрических сооружений, основанным на численном решении системы уравнений Навье-Стокса в трехмерной постановке, уравнения неразрывности и уравнения для границы раздела вода-воздух методом VOF [2,3]. Надежность (повторяемость) численного решения проверена серией расчетов с разной дискретизацией расчетной сетки. Для корректного сопоставления расходных зависимостей, найденных численным методом и с использованием указанных эмпирических зависимостей, геометрия и диапазон напоров контрольного водослива выбраны исходя из общих для приведенных формул ограничений. Ширина прямоугольного канала по дну  $B = 0.5$  м, высота порога  $P = 0.4$  м, длина порога  $L = 0.5$  м.

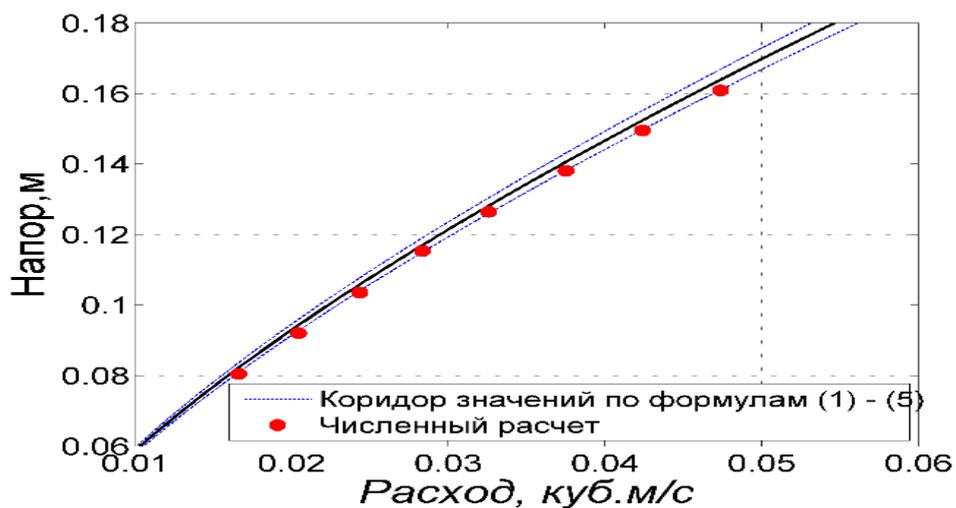
Вычисленные расходные зависимости  $Q = mb\sqrt{2gH}^{1.5}$  (где  $m$  - эмпирический коэффициент расхода,  $b$  - ширина,  $H$  - напор) приведены на рисунке 1а. Относительное различие расходов по формулам авторов, использовавших для построения своих формул наибольшее количество экспериментальных данных (формулы Кумина Д.И. и Березинского А.Р) достигает 5.5% (рис. 1б). Учитывая существенное различие расходов, вычисленных по эмпирическим формулам, в качестве эталона для сравнения с результатами численного расчета принята ось коридора между расходами, найденными по эмпирическим формулам (рис. 1в). Относительная разность значений расхода, найденных численным и эмпирическим методами равна  $\delta_{\text{mean}} = 1.8\%$ . Расходная характеристика, найденная численным способом, наиболее тесно совпадает с эмпирической зависимостью Кумина Д.И. ( $\delta_{\text{mean}} = 0.25\%$ ).



а)



б)



в)

Рисунок 1 - Расходная характеристика водослива с широким порогом ( $B=0.5$  м,  $P=0.4$  м,  $L=0.5$  м):

(а) - эмпирические расходные характеристики по формулам (1) - (5), (б)- относительное различие расходов, вычисленных по формулам Кумина Д.И. и Березинского А.Р., (в) - результаты численного расчета [4]

Достоинством численного метода является возможность расчета параметров водослива вне ограничений на геометрические параметры (за исключением предельного соотношения напор/длина порога, при превышении которого происходит отрыв потока от горизонтальной поверхности порога, и режим течения сходен с потоком через водослив с тонкой стенкой при залипании выходящей струи). В отличие от существующих методов, разработанный программный комплекс позволяет учитывать форму профиля скоростей в подводящем канале, влияющий, как показали численные эксперименты, на величину расхода через водослив.

#### Список использованных источников

1. Березинский А.Р. Пропускная способность водослива с широким порогом. Государственное издательство строительной литературы, М.-Л., 1950.
2. Кушер А.М. Компьютерная технология расчета гидрометрических сооружений // "Мелиорация и водное хозяйство", №5, 2004, с.50-53.
3. Кушер А.М. Моделирование гидрометрических сооружений в каналах водохозяйственных систем // "Мелиорация и водное хозяйство", №6, 2015, с.19-23.
4. НТО «Разработать новые методы расчета стока в водопроводящей сети и элементах гидромелиоративных систем», ФБГНУ ВНИИГиМ, 2016.

УДК 631.117

## МОДЕЛЬ ВЛАГООБМЕНА ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ С ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ

Макарычева Е.А.

ФБГНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Москва, Россия

Капиллярное движение воды в пористых средах происходит при наличии градиента капиллярного потенциала ( $I_p$ ) на фронте увлажнения, скорость движения фронта над зеркалом воды и скорость впитывания ( $V_k$ ) уменьшаются во времени [1, 2] в соответствии с кривой водоудерживания  $P(\theta)$  и эпюрой равновесной влажности  $H_k(\theta)$  в зоне капиллярного увлажнения (ЗКУ).

С увеличением высоты точки над зеркалом воды давление жидкости уменьшается, а давление пара в поровом пространстве растет, что приводит к разрыву сплошности капиллярного потока на верхней границе ЗКУ при предельном натяжении менисков  $P_{пр}$ , соответствующем влажности капиллярного равновесия  $\theta_{пр}$ . Значения  $P_{пр}$  определяются величиной атмосферного давления и температурой почвы (породы), с увеличением которой ( $T^\circ C$ ) возрастает давление насыщенного пара [3].

Максимальное давление пара сохраняется в диапазоне влажности от  $\theta_{пр}$  до ВРК, величина диапазона отражает содержание микропор с максимальной испаряющей способностью. Скорость восходящего капиллярного движения воды в ЗКУ ( $V_k$ ) определяется капиллярной проводимостью пористой среды ( $V^*$ ) и ее исходной влажностью ( $\theta_{исх}$ ). Капиллярная проводимость определяется экспериментально методом колонн и представляется в виде зависимости  $V^*(\theta)$  или  $V^*(P)$  для  $P = 0 \dots P_{пр}$ .

Водопотребление растений в диапазоне  $1,5 < P < 4,0$  м обеспечивается легкоподвижной капиллярной водой, скорость движения которой превышает испаряющую способность почвы, при  $P > 4,0$  м значительную роль играет парожидкостный перенос воды, возрастающий с увеличением температуры почвы [3]. Это позволяет снижать предполивную влажность (нижний предел увлажнения НП) до значения 0,70 от наименьшей влагоемкости (НВ), а при высокой испаряемости даже до 0,60 – 0,55 без снижения урожайности [4]. С понижением температуры почвы приток пара к корневой системе растений и количество конденсата уменьшаются, что приводит к необходимости увеличивать НП до значений влажности, соответствующих  $P = 4,0$  м.

Для суглинка нарушенного сложения из частиц  $d > 1$  мм при пористости 0,43,  $H^* = 0,90$  м и исходной влажности почвы 0,05 установлены следующие зависимости [6]:

$$V^* = 1,20 / H_k^3, \text{ мм / сут; } H_k > 0,40 \text{ м} \quad (1)$$

$$P = 8,0 H_k^{1,5}, \text{ м; } P < 4,0 \text{ м} \quad (2)$$

Для лессовидного суглинка по данным работы [6] с использованием кривой водоудерживания  $P(\theta)$  установлены следующие зависимости:

$$V^* = 8,0 / H_k^4, \text{ мм / сут; } H_k > 0,40 \text{ м} \quad (3)$$

$$P = 3,0 H_k^3, \text{ м; } P < 4,0 \text{ м} \quad (4)$$

Зависимости  $V^*(P)$  отличаются незначительно и могут быть представлены формулой:

$$V^* = K^* I = 45 / P^{1,7}, \quad (5)$$

где: градиент капиллярного потенциала  $I$  равен  $1 / P^{1,7}$ , коэффициент влагопроводности  $K^*$  равен скорости  $V^*$  при  $P = 1,0$  м. Значения градиента для  $P = 4,0 - 3,5 - 3,0 - 2,5 - 2,0 - 1,5 - 1,0$  м равны соответственно: 0,10 - -0,12 - 0,16 - 0,21 - 0,31 - 0,50.

Зависимость (5) может быть использована для расчета скорости капиллярного потока воды из почвы в зону аэрации после полива (скорости инфильтрации  $U_{инф}$ ), а также для определения скорости притока грунтовых вод в почву ( $V_{гр}$ ). При расчетах скоростей влагообмена почвы с грунтовыми водами в указанном диапазоне капиллярного потенциала можно использовать зависимость  $V(P)$ :

$$V = K^*(1_1 - 1_2), \text{ мм/сут,} \quad (6)$$

где:  $1_1$  - градиент на подошве расчетного слоя почвы,  $1_2$  - градиент породы.

Основные водно – физические характеристики капиллярного движения воды в диапазоне капиллярного потенциала 15 ...40 кПа для лессовидного суглинка и легкого суглинка нарушенного сложения представлены в таблице.

Таблица - Значения равновесной влажности  $\theta$ , капиллярного потенциала  $P$ , высоты капиллярного поднятия  $H_k$  и капиллярной проводимости  $V^*$

Лессовидный суглинок						
$\theta, \%$	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0
$P, \text{кПа}$	40	35	30	25	20	15
$H_k, \text{см}$	110	105	100	90	85	80
$V^*, \text{мм / сут}$	5,0	6,0	7,5	12,0	15,0	20,0
Легкий суглинок нарушенного сложения						
$\theta, \%$	31,0	32,0	33,5	34,5	35,5	37,0
$P, \text{кПа}$	40	35	30	25	20	15
$H_k, \text{см}$	70	60	55	50	40	35
$V^*, \text{мм / сут}$	4,0	5,0	7,5	10,0	14,0	25,0

Значения  $V^*$  рассчитаны по скорости движения фронта увлажнения ( $V_{\text{фр}}$ ) при исходной влажности ( $\theta_{\text{исх}}$ ) равной 0,05:  $V^* = V_{\text{фр}} (\theta - \theta_{\text{исх}})$ .

Экспериментально установлено, что с увеличением глубины залегания уровня грунтовых вод ( $H$ ) потери оросительной воды на инфильтрацию возрастают [5]. Это объясняется снижением градиента породы  $l_2$  с уменьшением ее влажности при заданном градиенте  $l_1$ , соответствующем верхнему пределу увлажнения почвы (ВП).

Например, для лессовидного суглинка при ВП = НВ = 29 %,  $P_1 = 1,5$  м,  $H_k = 1,10$  м,  $P_2 = 4,0$  м получим:  $l_1 = 1 / 1,5^{1,7} = 0,50$ ,  $l_2 = 1 / 4^{1,7} = 0,10$ , разность градиентов равна 0,40. Скорость инфильтрации в первые сутки в соответствии с формулой (6) составит 18 мм /сут. С уменьшением значения  $H_k$  до 0,8 м и потенциала породы  $P_2$  до 1,5 м значения градиентов равны,  $l_1 - l_2 = 0$  и потерь на инфильтрацию не будет.

По мере иссушения почвы и увеличения потенциала  $P_1$  при  $H = \text{Const}$  разность потенциалов  $l_1 - l_2$  становится отрицательной, что указывает на начало притока грунтовых вод в почву. Например, если почва иссушена до  $P = 3,5$  м, при  $H = 0,80$  м,  $P_2 = 1,5$  м приток грунтовых вод в почву ( $V_{\text{гр}}$ ) при  $l_1 = 1 / 3,5^{1,7} = 0,12$  и  $l_2 = 0,50$  составит  $45 (0,50 - 0,12) = 17$  мм / сут.

Потери воды на инфильтрацию уменьшаются при снижении ВП, для черноземных почв при ВП = 0,8 НВ потери практически отсутствуют [7]. Для лессовидного суглинка ВП = 0,8 НВ = 0,24 соответствует  $P_1 = 4,0$  м,  $l_1 = 0,10$ , при  $P_2 = 4,0$  м потери отсутствуют, а при ВП = НВ = 29% и  $P_1 = 1,5$  м возрастают в первые сутки до 18 мм /сут.

#### Выводы

1. Предлагаемая модель влагообмена орошаемых почв с грунтовыми водами позволяет рассчитывать потери воды на инфильтрацию после поливов с учетом задаваемого верхнего предела увлажнения почвы, а также скорость притока грунтовых вод в почву с учетом ее изменения во времени.

2. Для использования модели необходимо экспериментально устанавливать зависимости капиллярной проводимости от капиллярного потенциала для почв и пород с учетом соответствующих кривых водоудерживания.

#### Список использованных источников

1. Макарычева Е.А. Исследование капиллярного движения влаги с целью определения допустимых глубин грунтовых вод. / Обоснование допустимых глубин грунтовых вод орошаемых земель. М., 1987.
2. Макарычева Е.А. Закономерности движения восходящего потока воды в зоне аэрации. / Эколого-мелиоративные исследования и научно-технический прогресс в природопользовании. М., 1991.
3. Шаповалова О.В. Роль фазовых переходов при передвижении воды в системе почва-растение-атмосфера. / Обоснование допустимых глубин грунтовых вод орошаемых земель. М., 1987.
4. Колясев Ф.Е. Подвижность воды в почве и некоторые пути ее регулирования. / Вопросы агрономической физики. Л., 1957.
5. Сухарев В.И. Водобалансовые соотношения как характеристика мелиоративного режима почв в лесостепной зоне. / Мелиорация и водное хозяйство, №1, 2005.
6. Тищенко А.П. Восходящая скорость движения почвенной влаги и высота подъема макрокапиллярной каймы. / Пути повышения эффективности орошаемого земледелия № 2 (62) / 2016.
7. Браун В.А., Решеткина Н.М. Регулирование водного режима черноземов высокой Сыртовой равнины. / Эффективность орошения черноземов. М., 1988.

УДК: 631.95; 631.6; 631.67

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДНО - СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПРИ ПОЛИВАХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ**

**Ж.М. Маткаримов, Т. Джалилова**

Хорезмский отдел НИИИВП при ТИИМ Республики Узбекистан, г. Хорезм, Узбекистан

Все орошаемые земли Хорезмского вилоята Республики Узбекистан засолены в различной степени. На большой площади ведутся работы по улучшению мелиоративного состояния староорошаемых земель путем строительства дренажа, промывок засоленных почв и других мероприятий.

В связи с этим возрастают потребности в оросительной воде, запасы которой отнюдь не безграничны. Вот почему возникает необходимость в осуществлении комплекса мер по экономному использованию воды и изысканию дополнительных источников для этих целей, например, коллекторно - дренажных вод, сток которых на орошаемых землях Хорезмской области достигает 50% и более от головного водозабора. Расчеты показали, что содержание солей в них при разбавлении речной водой предотвращает опасность возникновения солонцеватости и позволяет вести полив хлопчатника, риса и других сельскохозяйственных культур.

Однако подобного характера опытных данных в нашем регионе нет, в связи с чем на опытном участке Хорезмского отдела были проведены опыты, в которых изучались следующие вопросы: допустимая минерализация поливной воды; режим предполивной влажности почв в зависимости от минерализации поливной воды, обеспечивающий получение высокого урожая хлопка-сырца; оптимальное число поливов, поливные и оросительные нормы хлопчатника;

влияние минерализации поливной воды и режима орошения на солевой режим почвы.

Почвы опытного участка луговые средне-суглинистые. Степень засоления после промывки слабая, тип засоления сульфатный и хлоридно-сульфатный. Грунтовые воды за период вегетации залегают на глубине 1,5–2,2 м. В опыте возделывался местный районированный сорт хлопчатника Хорезм-127. Агротехника кроме вегетационных поливов соответствовала зональным рекомендациям. Расчетный слой для определения влажности почвы составлял 0-50 см до цветения и 0-70 см в фазах цветения – плодообразования.

Минерализация поливной воды составляла: речной – 0,5-0,7 г/л, смешанной – 2,0-2,5 и коллекторно-дренажной – 3,0-4,0 г/л по плотному остатку. В составе речной воды сумма нетоксичных солей была равна 47,3-50,1 %, а в дренажной – 45,5-53,1% (табл. 1.).

Из числа токсичных солей выделяются сульфат магния ( $MgSO_4$ ) и хлорид натрия ( $NaCl$ ).

Перед закладкой опыта почва была слабозасоленной. Содержание ионов хлора в метровом слое составляло 0,59- 0,92 мг.-экв.; ионов  $SO_4^{2-}$  и  $Ca^{2+}$  соответственно 2,75 и 2,30 мг.-экв. и к концу вегетации увеличивалось количество всех видов водорастворимый солей.

Из таблицы 1 видно, что содержание иона хлора при поливах минерализованной водой (Б) возрастает перед промывкой в слое 0-100 см до 2,30 и  $SO_4^{2-}$  – до 6,1 мг.-экв. или в 2,1-2,5 раза по сравнению с исходным количеством, а при поливах речной водой (А), эти показатели соответственно составили 1,28-4,08 мг.-экв. Накопление солей в конце вегетации происходило в основном за счет хлоридов и сульфатов, а также Ca, Mg, и Na+K. После двукратной промывки речной водой нормой 3,5-4 тыс. м<sup>3</sup>/га происходит рассоление почвы до требуемых величин.

Для поддержания предполивной влажности на уровне 70-70-65% НВ поливы проводили по схеме 0-2-0; на уровне 75-75-65% НВ – по схеме 1-2-0 и на уровне 80-80-65% НВ – по схеме 1-3-0. Урожай хлопка в зависимости от режима орошения и степени минерализации поливной воды представлен в таблице 2.

Как свидетельствуют полученные результаты, во всех вариантах наблюдается общая закономерность: урожайность хлопчатника выше при поливе оросительной водой. При превышении дефицита влаги на 25% получена прибавка урожая во всех вариантах. Режим орошения с поддержанием предполивной влажности на уровне 80-80-65% НВ оказался оптимальным в изучавшихся условиях, но подача дополнительной воды в меньше мере, чем в варианте 75-75-65% НВ, способствовала повышению продуктивности хлопчатника.

Таблица 1 - Изменение минерализация поливной воды

№ п/п	Тип воды	Нетоксичные со- ли, %		% от суммы солей	Токсичные соли,%					% от суммы солей	Всего солей, %
		Ca(HCO <sub>3</sub> )	CaSO <sub>4</sub>		Mg SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	MgCl	KCl		
1	оросительная речная	0,14	0,194	48,0	0,109	0,048	0,101	-	0,005	52,0	0,500
	смешанная	0,122	0,814	46,8	0,507	-	0,450	0,086	0,015	53,2	1,994
	коллекторно- дренажная	0,261	1,804	51,2	0,893	0,117	0,928	-	0,028	48,8	4,031
2	оросительная речная	0,044	0,188	47,3	0,109	0,041	0,101	-	0,005	52,7	0,486
	смешанная	0,171	0,744	42,9	0,703	-	0,461	0,032	0,016	57,3	2,120
	коллекторно- дренажная	0,366	1,794	53,1	0,773	0,339	0,865	-	0,031	46,9	4,073
3	оросительная речная	0,049	0,194	50,1	0,115	0,008	0,105	-	0,007	49,9	0,479
	смешанная	0,163	0,791	45,9	0,610	0,065	0,419	-	0,021	54,1	2,069
	коллекторно- дренажная	0,341	0,383	45,5	0,858	0,385	0,784	-	0,030	54,5	3,781

Таблица 2 - Урожай хлопка в зависимости от орошения и степени минерализации поливной воды

Вариант опыта	Схема поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожай хлопка, ц/га			
			2014 г.	2015 г.	2016 г.	средний за 3 года
70-70-65% НВ	0-2-0	1698	27,7	30,1	28,0	28,6
		2081	29,3	30,4	29,4	29,7
Оросительная вода						
смешанная		1689	26,8	29,0	26,5	27,4
		2079	28,3	30,0	27,0	28,4
коллекторно-дренажная 75-75-65% НВ	1-2-0	1654	23,8	26,1	25,5	25,1
		2065	24,5	27,5	26,5	26,1
оросительная вода		1965	31,5	33,6	31,0	32,0
		2348	33,8	35,4	32,3	33,8
смешанная		1848	29,0	32,2	28,2	29,8
		2329	32,2	34,0	29,0	31,7
коллекторно-дренажная		1896	26,4	29,2	27,0	27,5
		2269	28,3	31,1	28,0	29,3
80-80-65% НВ	1-3-0	2190	34,0	36,4	34,8	35,0
		2586	34,5	36,1	35,4	35,3
оросительная						
смешанная		2216	33,4	35,6	32,0	33,6
		2549	34,1	36,0	33,0	34,3
коллекторно-дренажная		2115	29,4	32,0	29,5	30,3
		2521	30,4	33,6	31,4	31,8

Увеличение минерализации поливной воды в меньшей степени сказывалось на продуктивности хлопчатника в вариантах с более высокой предполивной влажностью почвы. Во всех вариантах опыта не наблюдалось отрицательного влияния минерализованной воды (2 и 4 г/л) на технологические свойства волокна. Таким образом, в условиях Хорезмского вилоята, где в отдельные годы особенно остро ощущается недостаток оросительной воды, можно использовать минерализованные воды для орошения хлопчатника. При этом следует учесть, что на среднесуглинистых слабозасоленные луговых почвах Хорезмского вилоята с уровнем залегания грунтовых вод 1,5-2,2 м оптимальной является предполивная влажность 80-80-65% НВ. Вполне возможно использовать оросительной воду в смеси с минерализованной коллекторно-дренажной. Допустимая минерализация поливной воды должна быть не более 2-3 г/л по плотному остатку и 0,4-0,5 г/л – по хлору. В большинстве случаев фактическое содержание солей в коллекторно-дренажной воде дрен основных коллекторов

(им. Митьянова, Кирова и С-1) выше допустимой, поэтому в маловодные годы ее необходимо разбавлять с оросительной водой в соотношении 1:1 и 1:2.

В условиях дефицита водных ресурсов изучением эколого-мелиоративных процессов на орошаемых землях и анализом наблюдений за водно – солевым режимом и воздействующих на него факторов и условий на опытных участках обоснованы современный мелиоративный режим и концепция борьбы с засолением с помощью промывного режима орошения, обеспечивающего рассоление почв и рост урожайности сельскохозяйственных культур на основе управления водными ресурсами. Часто повторяющиеся маловодные годы при ограничении водоподачи наносят значительный ущерб сельскому хозяйству. Величина его зависит от объема и продолжительности дефицита оросительной воды, минерализации применяемой коллекторно-дренажной воды и технологии ее использования. Самое большое снижение урожайности наблюдается при орошении оросительной водой, но с ограниченной водоподачей. Урон особенно возрастает, когда маловодные годы повторяются несколько лет подряд.

Восстановление дефицита пресной воды слабоминерализованной (до 3 г/л) эффективно для сохранения продуктивности орошаемого земледелия. Исключением следует считать тот случай, когда дефицит оросительной воды составляет до 10% с повторяемостью маловодных лет 1 или 2 года подряд. При этом целесообразно ликвидировать его за счет организационно-технических мероприятий (полив через междурядье, укорачивание длины борозды, организация ночных поливов, встречного полива, внутрпочвенного орошения, субиригация, своевременная послеполивная обработка и др.), направленных на повышение коэффициента использования воды. Когда маловодные годы повторяются один или два года подряд, рационально использовать слабоминерализованную коллекторно-дренажную воду на отдельных площадях без разбавления пресной водой. Преимущество этой технологии в том, что таким образом ощутимо сокращают мероприятия по подаче коллекторно-дренажной воды, проведению поливов и промывок; значительно упрощается контроль за мелиоративным состоянием орошаемых земель. Однако, если маловодный год повторяется три года подряд, то потери продукции в последнем году возрастают на 10-15%. Это происходит за счет накопления солей в первые два года из-за проведения поливов водой с повышенной минерализацией. При повторении маловодья два-три года подряд минимум потерь валовой продукции достигается при использовании коллекторно-дренажной воды на отдельных поливах без смеси с пресной. При этом первые поливы должны быть проведены пресной оросительной водой. Однако такая технология использования минерализованной коллекторно-дренажной воды требует полной зарегулированности источников орошения, чтобы достигалось распределение стока в течение всего вегетационного периода.

В результате исследований установлена необходимость оптимизации мелиоративных режимов и использования коллекторно-дренажных вод на ороше-

ние и промывку земель; научно обоснована оптимизация мелиоративных режимов орошаемых земель; -определены возможности и эффективность использования коллекторно- дренажных вод на орошение и промывку орошаемых земель.

#### **Список использованных источников**

1. Джалилова Т., Маткаримов Ж.М.- Разработка мероприятий по улучшению эколого мелиоративных процессов на орошаемых землях Хорезмского вилоята. // Доклады II международной научно- практической конференции – «Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства» 24.06.2016 г. г. Тараз Республики Казахстан.С.346-350
2. Джалилова Т., Маткаримов Ж.М. - Совершенствование планирования ремонтно-восстановительных работ на коллекторно-дренажной сети и засоленных землях при дефиците водных ресурсов (на примере Хорезмского оазиса). // Доклады II международной научно-практической конференции – Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства 24.06.2016 г. г. Тараз Республики Казахстан.С.375-376.
3. Икрамов Р.К. - «Принципы управления водно-солевым режимов орошаемых земель Средней Азии в условиях дефицита водных ресурсов» // Ташкент, «Гидроингео», 2001.С.191.
4. Якубов Х.И., Абиров А., Джалилова Т. Пути повышения работоспособности скважин вертикального дренажа. // Ташкент. УзНИИТИ, 1983. С.28.

УДК 556.114

### **ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЧНЫХ ВОД СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. СЫРДАРЬИ**

**И.Э. Махмудов<sup>1</sup>, Э.И. Чембарисов<sup>1</sup>, Ж.Б. Мирзакобулов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>НИИ ирригации и водных проблем при ТИИИМС, г. Ташкент, Узбекистан;

<sup>2</sup>ТИИИМС, г. Ташкент, Узбекистан

По р. Сырдарье в настоящее время химический состав воды определяется в шести створах: р. Сырдарья – г. Наманган (к.Каль), Сырдарья – выше г. Бекабад, Сырдарья – ниже г. Бекабад, Сырдарья – Надеждинский, Сырдарья – Чиназ (данные последних лет дополняются по створу – 0,5 км ниже устья коллектора ГПК-С), р.Сырдарья – ниже устья коллектора ГПК-С; в реке Чирчик состав воды определяется в восьми створах; а в реке Ахангаран – в шести створах [1-3].

В последние годы величина минерализации в р. Сырдарье у створа кишлака Каль изменялась от 0,36 г/л (апрель) до 1,16 г/л (июнь); среднегодовая минерализация воды была равна 0,75 г/л. Величина минерализации в р. Сырдарье у створа (0,25км выше г. Бекабад) изменялась от 0,84 г/л (январь) до 1,53 г/л (июнь); среднегодовая минерализация воды была равна 1,14 г/л. В течение декабря – апреля наблюдались наименьшие величины минерализации, а с мая по ноябрь – наибольшие. Величина минерализации в р. Сырдарье (0,9 км ниже сброса ПУ-Водоканал) изменялась от 0,92 г/л (апрель) до 1,60 г/л (июнь), среднегодовая минерализация – 1,22 г/л. Величина минерализации в р. Сырдарье (6 км к СВ от пос. Надеждинский) изменялась от 0,83 г/л (январь) до 1,50 г/л (июнь), среднегодовая минерализация – 1,14 г/л. В течение декабря –апреля

наблюдались наименьшие величины минерализации, а с мая по ноябрь – наибольшие. В р. Сырдарье (0,5 км ниже устья кол. ГПК) она изменялась от 0,62 г/л (июль) до 1,43 г/л (сентябрь), среднегодовая минерализация – 0,99 г/л. В р. Сырдарье (0,5 км ниже впадения р. Геджиган) она изменялась от 0,87 г/л (декабрь) до 1,64 г/л (июль), среднегодовая минерализация – 1,29 г/л.

Из приведенных данных видно, что величина минерализации в среднем течении Сырдарьи в пределах рассматриваемых створов сверху вниз по течению повышается с 0,75 до 1,29 г/л, т.е. в 1,7 раз. В верхнем течении Сырдарьи – кишл. Каль среди анионов преобладает сульфатный ион, на втором месте – гидрокарбонатный ион, на третьем – хлоридный ион. Среди катионов преобладает ион кальция. На втором месте – ион натрия, на третьем месте – ион магния. В нижнем течении р. Сырдарьи (ниже устья коллектора ГПК-С) среди анионов преобладает сульфатный ион, на втором месте – гидрокарбонатный ион, на третьем – хлоридный. Среди катионов преобладает ион натрия, на втором месте – ион кальция на третьем – ион магния.

Величина минерализации в р. Чирчик у створа 0,3 км выше г. Газалкент изменялась от 0,15 г/л (июнь) до 0,23 г/л (апрель); среднегодовая минерализация воды была равна 0,19 г/л. Наименьшие величины минерализации наблюдаются во время половодья (май-август), а наибольшие – в меженьный период (сентябрь-февраль). Подобное изменение минерализации наблюдается в р. Чирчик у створа 0,5 км ниже г. Газалкент. Величина минерализации в р. Чирчик у створа 2,5 км выше сбросов ЧПО «Электрохимпром» изменялась от 0,19 г/л (июнь) до 0,47 г/л (сентябрь); среднегодовая минерализация воды была равна 0,34 г/л. Величина минерализации в р. Чирчик у створа 3 км ниже сбросов Уз-КТЖМ изменялась от 0,17 г/л (июнь) до 0,28 г/л (апрель); среднегодовая минерализация воды была равна 0,22 г/л. В р. Чирчик у створа – выше г. Ташкент она изменялась от 0,18 г/л (июнь) до 0,34 г/л (октябрь); среднегодовая минерализация воды была равна 0,27 г/л. В р. Чирчик у створа – в черте г. Ташкент, 3 км ниже сбросов Сергелинского КМС – она изменялась от 0,23 г/л (июнь) до 0,46 г/л (апрель); среднегодовая минерализация воды была равна 0,32 г/л. В р. Чирчик у створа – 0,5 км ниже пос. Новомихайловка она изменялась от 0,23 г/л (июнь) до 0,48 г/л (сентябрь); среднегодовая минерализация воды была равна 0,32 г/л. В р. Чирчик у створа – г. Чиназ она изменялась от 0,26 г/л (июнь) до 0,93 г/л (июль); среднегодовая минерализация воды была равна 0,57 г/л.

Из приведенных данных видно, что величина минерализации сверху вниз по течению повышается с 0,19 до 0,57 г/л, т.е. в три раза.

Химический состав воды в верховьях р. Чирчик – гидрокарбонатно-натриево-кальциевый (Г-НК). В нижнем течении реки у створа г. Чиназ он меняется на гидрокарбонатно-сульфатный-натриево-магниевый-кальциевый. (ГС-НМК).

#### **Выводы:**

1. В речных водах Средней Азии постоянно содержатся различные химические элементы (соли естественного происхождения, тяжелые металлы, остат-

ки ядохимикатов и удобрений и т.д.), которые при орошении вызывают различные изменения в физико-химических свойствах орошаемых почв.

Опасность для орошаемой зоны Средней Азии представляет процесс засоления поливных земель. По проведенным расчетам, на орошаемые поля сейчас ежегодно поступает 55,0-60,0 млн.т различных солей естественного происхождения, при этом 40,0-46,0 млн.т солей выносятся из зоны формирования речного стока (горная область), а 17,0-19,0 млн.т из почв и пород нижних частей речных бассейнов в результате повторного использования некоторого объема речного стока на поливы.

Ввиду такого значительного поступления солей доля площади в различной степени засоленных почв от общей орошаемой площади в некоторых ирригационных районах увеличилась до 60-90%, что значительно ухудшило их мелиоративное состояние.

2. Анализ состояния некоторых элементов водно-солевого баланса орошаемых массивов показал, что наиболее тяжелое мелиоративное состояние орошаемых земель наблюдается сейчас в нижних частях бассейнов Амударьи и Сырдарьи, которые после прекращения поступления речного стока в Аральское море, являются зоной аккумуляции солевого и твердого стоков этих рек.

3. Во всех реках в составе солей преобладают следующие: двууглекислый кальций, сульфаты кальция, магния, натрия и хлорид натрия, иногда в воде обнаруживается присутствие двууглекислого магния и хлорида магния. Первые две соли являются не токсичными, а остальные – токсичные. Токсичность речных вод увеличивается при смене фаз гидрологического режима рек с половодья на межень, а также по длине рек. В связи с повышением минерализации речных вод и ухудшением их состава в средних и особенно нижних участках рек ирригационное качество воды стало удовлетворительным.

4. Протекая по территории Кыргызстана, Узбекистана, частично Таджикистана и Казахстана, Сырдарья значительно меняет свою водоносность и качественный состав. В связи с тем, что во многих районах воду этой реки используют для питья, это отражается на здоровье населения, приводя к увеличению инфекционных и других заболеваний, поэтому важно было изучить гидрологический и гидрохимический режим данной реки, так как она является трансграничной.

#### **Список использованных источников**

1. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв // Т.2, М.-Л.: Издательство АН СССР, 1947, 375 с.
2. Чембарисов Э.И. Гидрохимия орошаемых территорий (на примере Аральского моря), - Ташкент: Фан, 1988 , 104 с.
3. Чембарисов Э.И. Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии.- Ташкент, Укитувчи.-1989, 232 с.

УДК 631.6

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДАХ НИЗОВЬЕВ РЕКИ СЫРДАРЬИ

<sup>1</sup>Ж.С. Мустафаев, <sup>1</sup>А.Т. Козыкеева, <sup>2</sup>К.С. Абдывалиева

<sup>1</sup>Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский научно-исследовательский институт рисоводства им. Ы. Жакаева, г. Кызылорда, Казахстан

Для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки Сырдарьи использовались «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод» Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» МОСВР РК и многолетние фондовые и литературные источники по гидрохимическим показателям [1; 2; 3], включающие биохимическое потребление кислорода ( $BPK_5$ ), азот аммонийный ( $NH_4$ ), азот нитритный ( $NO_2$ ), азот нитратный ( $NO_3$ ), хлориды ( $Cl$ ), сульфаты ( $SO_4$ ), медь ( $Cu$ ), цинк ( $Zn$ ), натрий ( $Na$ ) и нефтепродукты. При этом качество воды и экологическое состояние водных объектов в бассейне реки Сырдарьи оценивались по методике В.В. Шабанова, с помощью коэффициента предельной загрязненности ( $K_{nз}$ ) [4]:

$$K_{nз} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{ПДК_i} - 1,$$

где:  $i$  – номер загрязняющего воду вещества;  $N$  – количество учитываемых веществ;  $ПДК_i$  – предельно-допустимая концентрация учитываемых веществ;  $C_i$  – фактическая концентрация учитываемых веществ;  $K_{nз}$  – коэффициент предельной загрязненности, характеризующий качество воды, состояние водного объекта рек и его водохозяйственное значение.

Таким образом, оценка качества воды в низовьях реки Сырдарьи, проведенная в пространственно-временном масштабе, начиная с границы Республики Узбекистан (гидрологический пост Кокбулак) до устья реки (гидрологический пост Казалинск), позволила определить направленность и интенсивность их загрязнения главными ионами ( $Cl, Na, SO_4$ ), биогенными элементами ( $NH_4, NO_2, NO_3$ ) и тяжелыми металлами ( $Cu, Zn$ ). При этом воды в низовьях реки Сырдарьи в основном загрязнены тяжелыми металлами ( $Cu, Zn$ ), сульфатами ( $SO_4$ ) и нефтепродуктами, что необходимо учитывать при разработке природоохранных мероприятий в низовьях реки Сырдарьи. При этом следует отметить, что коэффициент предельной загрязненности ( $K_{nз}$ ) в низовьях реки Сырдарьи во временном масштабе от гидрологического поста Кокбулак до Казалинска увеличивается, и по степени загрязненности относится в основном к

загрязненным (рисунок 1). Загрязненность воды представлена трофическим статусом Е.С. Шеннона [5].

При этом, как видно из таблицы 1, зависимость коэффициента предельной загрязненности ( $K_{пз}$ ) в расчетной обеспеченности ( $P$ ) была аппроксимирована функцией, представляющей собой экспоненты.

Таблица 1 - Зависимость коэффициента предельной загрязненности ( $K_{пз}$ ) в расчетной обеспеченности ( $P$ ) для различных гидрологических постов в низовьях реки Сырдарья

Гидрологические посты	Уравнение связи	Квадрат коэффициента корреляции (детерминации)
Кокбулак	$K_{пз} = 0.459 \cdot \exp(0.012 \cdot P)$	$R^2 = 0.915$
Шардара	$K_{пз} = 0.255 \cdot \exp(0.019 \cdot P)$	$R^2 = 0.955$
Кызылорда	$K_{пз} = 0.175 \cdot \exp(0.026 \cdot P)$	$R^2 = 0.853$
Казалинск	$K_{пз} = 0.185 \cdot \exp(0.030 \cdot P)$	$R^2 = 0.905$

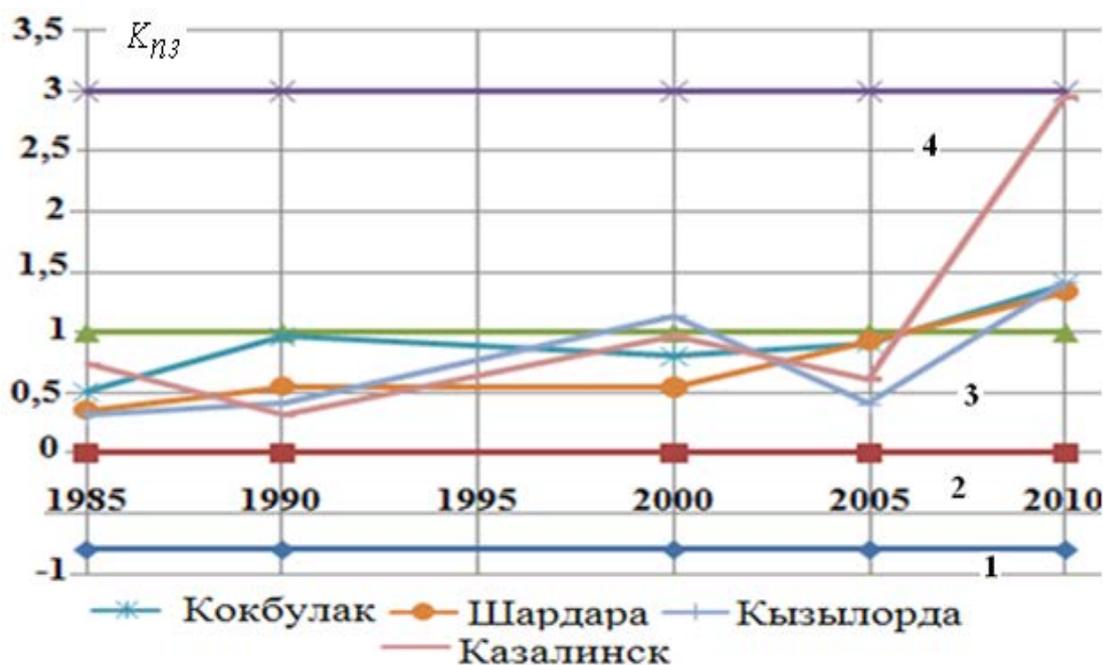


Рисунок 1 – Изменение качества воды по коэффициенту предельной загрязненности в низовьях р. Сырдарьи в пространственно-временном масштабе: 1 - очень чистая (олиготрофные); 2 - чистая (мезотрофные); 3 - умеренно-загрязненная (мезоэвтрофные); 4 - загрязненная (эвтрофные)

Для оценки экологического состояния водной экосистемы в низовьях реки Сырдарьи использована зависимость индекса Шеннона ( $H$ ) от коэффициента предельной загрязненности ( $K_{пз}$ ) В.В. Шабанова, которая имеет следующей вид:

$$H = -7.17 \cdot \ln \cdot K_{нз} + 6.104 .$$

Таким образом, на основе систематизации и системного анализа, а также прогнозных расчетов по определению коэффициента предельной загрязненности и индекса Шеннона проведена оценка качества воды и экологического состояния водной экосистемы в низовьях реки Сырдарьи в пространственно-временном масштабе. Качество воды на всех рассматриваемых гидрологических постах оценивается на уровне «умеренно-загрязненная (мезоэвтрофные)» и «загрязненная (эвтрофные)».

Система оценки качества воды и экологического состояния водной экосистемы в низовьях реки Сырдарьи с использованием коэффициента предельной загрязненности ( $K_{нз}$ ) и индекса Шеннона ( $H$ ) дает возможность определить степень, интенсивность, направленность и характер загрязнения водных объектов в пространственно-временном масштабе. Это позволило получить зависимость коэффициента предельной загрязненности ( $K_{нз}$ ) и индекса Шеннона ( $H$ ) в расчетной обеспеченности ( $P$ ) и разработать систему мероприятий по рациональному природопользованию и предотвращению возможных чрезвычайных ситуаций на основе количественной характеристики процессов естественного самоочищения природных систем.

#### Список использованных источников

1. Аналитический отчет «Качество воды в бассейнах рек Амударья и Сырдарья».- (РЭЦ ЦА).- Ташкент. -2011.- 31 с.
2. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Сокальский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Симернова Д.А., Ефимонко А.В., Милюков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана.-Алматы: Канагат, 2014.- том 1. -742 с.
3. Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Исаков Н.А., Кудеков Т.К., Базарбаев С.К. Биогенные вещества в основных водотоках Казахстана.-Алматы: Канагат, 2003.- 723 с.
4. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем.- М: МГУП, 2009.- 154 с.
5. Shannon, C.E., Warren Weaver. The mathematical theory of communication. Urbana: the University of Illinois Press. 1949. -117r.

УДК 631.67

## ПОЛИВНОЙ РЕЖИМ И УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РАННЕГО КАРТОФЕЛЯ

**А.А. Новиков**

ФГБНУ ВНИИОЗ, г. Волгоград, Россия

Степень трансформации профиля увлажнения и соответствующие коэффициенты, введение которых необходимо при поддержании дифференцированных по предполивному уровню влажности почвы режимов орошения, зависят, собственно, от степени дифференцирования предполивного порога, типа, водных и физических свойств почв, а также их мелиоративного состояния, произ-

водительности капельниц. Следовательно, для расчета поливной нормы необходимо экспериментально или на основе имитационных моделей определить значение этих коэффициентов для соответствующих условий [1,2,3].

Нашими исследованиями установлено, что при переходе с предполивного порога влажности почвы 70% НВ до уровня 80% НВ на светло-каштановых, среднесуглинистых почвах с низким содержанием гумуса и удовлетворительным мелиоративным состоянием, значение коэффициента, учитывающего трансформацию профиля увлажнения, составляет 1,16. Расчетная поливная норма для поддержания порога предполивной влажности почвы в слое 0,4 м на уровне 70% НВ составляет 160 м<sup>3</sup>/га, для поддержания предполивного порога с учетом коэффициента, учитывающего трансформацию профиля увлажнения - 130 м<sup>3</sup>/га. Проведение поливов расчетными нормами обеспечило в опыте поддержание заданных уровней водообеспечения раннего картофеля во все годы исследований.

Период «посадка-всходы» у картофеля достаточно продолжительный, в зависимости от метеорологических условий этот период изменяется от 14 до 19 суток. При капельном орошении для поддержания предполивного уровня влажности почвы в слое 0,4 м 70% НВ уже в этот период требуется проведения 1-2 поливов. Еще, в среднем, от 1 до 2 раз почва в слое 0,4 м иссушалась до предполивного уровня 70% НВ за период с начала всходов до бутонизации растений. Причем 1 полива было достаточно при внесении удобрений дозой N<sub>40</sub>P<sub>50</sub>K<sub>0</sub>, а при внесении удобрений дозой N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>70</sub> и более требовалось проведение двух поливов.

До предполивного уровня влажности 80% НВ почва в посадках картофеля иссушается от 1 до 3 раз за период «всходы – начало бутонизации». От 1 до 2 поливов в этот период потребовалось провести при внесении минеральных удобрений дозой N<sub>40</sub>P<sub>50</sub>K<sub>0</sub> или N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>70</sub> и до 3 поливов – при внесении удобрений дозой N<sub>155</sub>P<sub>150</sub>K<sub>180</sub> или N<sub>210</sub>P<sub>200</sub>K<sub>290</sub>.

Однако влияние минеральных удобрений на динамику иссушения почвы в период «всходы – начало бутонизации» под посадками раннего картофеля было существенным не во все годы исследований. Например, в 2009 году для поддержания предполивного уровня 70% НВ было проведено не более 1 полива в вариантах с различным уровнем минерального питания, а для поддержания порога предполивной влажности 80% НВ – от 1 полива при внесении удобрений дозой N<sub>40</sub>P<sub>50</sub>K<sub>0</sub> – N<sub>155</sub>P<sub>150</sub>K<sub>180</sub> до 2 поливов при внесении максимальной в опыте дозы удобрений, N<sub>210</sub>P<sub>200</sub>K<sub>290</sub>. В 2010 году вследствие исключительного режима поступления атмосферных осадков в регионе поливов в период «всходы – начало бутонизации» не потребовалось.

В период бутонизации до наступления фазы полного цветения посадок до предполивного уровня 70% НВ влажность почвы в слое 0,4 м опускалась по одному разу в 2008 и 2010 годах и два раза в 2009 году. До предполивного порога влажности 80% НВ почва в этот период иссушалась 2-3 раза при внесении

удобрений дозой  $N_{40}P_{50}K_0 - N_{155}P_{150}K_{180}$  и от 2 до 4 раз при внесении максимальной дозы минеральных удобрений,  $N_{210}P_{200}K_{290}$ .

С фазы цветения для картофеля требуется наиболее интенсивный режим водоснабжения. С этого периода порог предполивной влажности почвы поддерживали на уровне 80% НВ во всех вариантах опыта. Во все годы исследований в период цветения и до окончания роста ботвы требовалось проведения наибольшего числа поливов. Наряду с этим по годам исследований число поливов изменялось до двух раз.

За период «цветение – окончание роста ботвы» по годам исследований почва до предполивного уровня (80% НВ) иссушалась 4-7 раз при внесении удобрений дозой  $N_{40}P_{50}K_0$ , 5-8 раз при внесении удобрений дозой  $N_{100}P_{100}K_{70}$  и до 5-9 раз при внесении удобрений дозой  $N_{155}P_{150}K_{180}$  или  $N_{210}P_{200}K_{290}$ . Характерно, что на участках, где предполивной уровень влажности почвы до 80% НВ поднимали с момента появления всходов, в период «цветение – окончание роста ботвы» потребовалось провести, в среднем, на один полив больше, чем в вариантах, где предполивной порог влажности почвы с 70 до 80% НВ поднимали в период бутонизации (А2) или цветения (А1).

В период «окончание роста ботвы – техническая спелость» интенсивность орошения снижалась, но для поддержания влажности почвы не ниже 80% НВ в отдельные годы требовалось провести до 4-6 поливов.

Таким образом, режим капельного орошения раннего картофеля существенно отличается по годам с различной обеспеченностью климатическими ресурсами и зависит от порога предполивной влажности почвы и уровня минерального питания.

Затраты оросительной воды в период «посадка – всходы» при возделывании раннего картофеля определяются, преимущественно, текущей обеспеченностью климатическими ресурсами. В годы исследований за этот период затрачивалось от 160 до 320 м<sup>3</sup>/га оросительной воды.

За период от всходов до начала бутонизации для поддержания предполивного порога влажности почвы 70% НВ требовалось затратить 160-320 м<sup>3</sup>/га оросительной воды, а для поддержания предполивного уровня 80% НВ – 130-390 м<sup>3</sup>/га. В фазу бутонизации на возделывание раннего картофеля при капельном орошении тратится еще 160-520 м<sup>3</sup>/га оросительной воды. Причем для поддержания предполивного уровня влажности почвы 70% НВ тратится не более 160-320 м<sup>3</sup>/га оросительной воды, а при увеличении предполивного уровня до 80% НВ затраты оросительной воды возрастают до 260-520 м<sup>3</sup>/га. Опыты показали, что нельзя не учитывать влияние метеоусловий на затраты оросительной воды при капельном орошении раннего картофеля. Например, в фазу бутонизации затраты оросительной воды для поддержания заданных порогов предполивной влажности почвы изменялись в 1,5-2 раза.

За период цветения и до окончания роста ботвы посадками раннего картофеля потребляется наибольшее количество оросительной воды. При внесении удобрений дозой  $N_{40}P_{50}K_0$  или  $N_{100}P_{100}K_{70}$  для поддержания предполивного

уровня влажности почвы 80% НВ в слое 0,4 м требовалось затратить 520-1040 м<sup>3</sup>/га оросительной воды, а при внесении N<sub>155</sub>P<sub>150</sub>K<sub>180</sub> – N<sub>210</sub>P<sub>200</sub>K<sub>290</sub> – до 650-1170 м<sup>3</sup>/га оросительной воды.

За период «окончание роста ботвы – техническая спелость клубней» для поддержания предполивного уровня влажности почвы 80% НВ требуется затратить еще 260-780 м<sup>3</sup>/га оросительной воды. При ориентировании производства на получение «молодого» картофеля эти затраты отсутствуют. В период «цветение – окончание роста ботвы» требуется наибольшее время работы системы капельного орошения, которое в суммарном выражении составляет 13-29,3 часов. Это в 1,2-4,8 раза больше, чем требуется затратить времени на полив в период бутонизации и до 9 раз больше, чем в период «всходы – начало бутонизации».

Таким образом, в период «цветение – окончание роста ботвы» необходимо обеспечить наиболее интенсивную эксплуатацию тех модулей системы капельного орошения, которые обслуживают посадки раннего картофеля. Поддержание водного режима почвы в заданных рамках в условиях орошения определяет динамику расходования оросительной воды и требования к режиму работы системы капельного орошения, а значит, определяет и параметры технологии капельного орошения. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы формирования водного баланса активного слоя почвы.

#### **Список использованных источников**

1. Кружилин И.П. Управление водным режимом почвы для получения запланированных урожаев при орошении/Труды ВСХИ, Волгоград, 1981. – т.76. – С. 17-35.
2. Мелихов В.В., Новиков А.А. Коэффициент водопотребления как критерий эффективного промышленного производства раннего картофеля/Мелиорация и водное хозяйство, 2011. - № 4. – С.38-40.
3. Капельное орошение: пособие, М., Союзводпроект, 1986. – 147 с.

УДК 631.6

## **РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

<sup>1</sup> Б.К. Салиев, <sup>2</sup> Б.К. Хаджаев С.С.

<sup>1</sup>НИИИВП при ТИИИМСХ, г. Ташкент, Узбекистан;

<sup>2</sup>ТИИИМСХ, г. Ташкент, Узбекистан

Современная концепция взаимодействия человека и природы основывается на идеях устойчивого развития, которые объединяют три основные проблемы - экологическую, социальную и экономическую. Экологические и социальные проблемы считаются приоритетными, поскольку именно они ограничивают экономическое развитие стран и благосостояние населения.

Проблема воды является ключевой в Центральной Азии и эта проблема с каждым годом обостряется. Особое место в ней занимают социально-

экономические и экологические последствия в Аральском регионе, несбалансированное распределение водных ресурсов, а также различия в сезонной потребности в воде создают конфликтные предпосылки между странами.

Водное хозяйство и орошаемое земледелие Аральского бассейна претерпевает достаточно сложный период. Необходимо найти новые подходы, увязывающие водохозяйственное развитие с окружающей средой и поддержанием важнейших экосистем. В настоящее время на площади бассейна Аральского моря (более 500 тыс. км<sup>2</sup> узбекистанской и около 345 тыс. км<sup>2</sup> казахстанской части) находятся десятки административных районов, объявленных зоной экологического бедствия. В бассейне Аральского моря находится два крупных речных бассейна: Сырдарья на севере и Амударья на юге. На использование вод Амударьи и Сырдарьи опирается практически вся экономика Казахстана, Узбекистана, Таджикистана, Туркмении и Кыргызстана. Развитие промышленности и сельского хозяйства в бассейне Аральского моря привело к возникновению внутренних источников загрязнения, ежегодный объем техногенных выбросов загрязняющих веществ составляет в пределах бассейна 7.5 млн. т/год, из которых 43.8% приходится на Казахстан, 28.7% - на Узбекистан, 22.9% - на Туркменистан, 4.6% - на Кыргызстан и Таджикистан.

Анализ причин и последствий Аральского кризиса позволяет сделать вывод, что основная проблема с водными ресурсами в бассейне Аральского моря заключается не в ограниченном объеме, а в крайне нерациональном их использовании.

До 1991 г. территория Центральной Азии была в составе единого союзного государства, а экономика союзного государства составляла единый народно-хозяйственный комплекс, это касалось и водных ресурсов. После 1991 г. единый водохозяйственный комплекс был практически разрушен, режим работы крупных водохранилищ в верховьях рек в Кыргызстане и Таджикистане был изменён с ирригационного на энергетический. Это привело к увеличению зимних и сокращению летних попусков более чем в 2 раза, что поставило остальные страны в очень тяжелое экономическое положение (таблица).

Естественно там, где не хватает речной поливной воды, альтернативным источником оросительных вод являются подземные воды. В качестве источника орошения в зоне поливного земледелия подземные воды могут выполнять следующие функции:

1. Дополнительного источника для подпитки ирригационных сетей в течении всего вегетационного периода.
2. Сезонного, когда из-за дефицита воды в основном источнике они могут быть использованы в отдельные сезоны года.
3. Периодического, когда к поливу подземной водой следует прибегать в отдельные маловодные годы.
4. Главного источника в предгорных зонах при использовании новейшей техники и технологии орошения.

Таблица - Поверхностные водные ресурсы бассейна Аральского моря (среднегодовой сток, км<sup>3</sup>/год).

Страна	Речной бассейн		Всего в бассейне Аральского моря	
	Сырдарья	Амударья	км <sup>3</sup>	%
Казахстан	2.516	-	2.516	2.2
Кыргызстан	27.542	1.654	29.196	25.2
Таджикистан	1.005	58.732	59.737	51.5
Туркменистан	-	1.405	1.405	1.2
Узбекистан	5.562	6.791	12.353	10.6
Афганистан и Иран	-	10.814	10.814	9.3
Итого по бассейну Аральского моря	36.625	79.396	116.021	100

Эксплуатационные запасы на территории Узбекистана для различных целей использования составляют 190, 460 м<sup>3</sup>/с, из них суммарный среднегодовой отбор воды 63, 492 м<sup>3</sup>/с, в т.ч. для хозяйственно –питьевого водоснабжения – 37,366 м<sup>3</sup>/с, орошения – 13,5 м<sup>3</sup>/с, (данные С.Ш. Мирзаева).

Приведённые в таблице материалы свидетельствуют о том, что все страны региона располагают резервными фондами подземных вод в бассейне Аральского моря, практически все они используют водные ресурсы в бытовых и промышленных целях. Согласно статистическим прогнозам, население бассейна Аральского моря к 2025 году составит 50-70 млн. человек. Требования на воду в промышленности будут расти пропорционально численности населения и удвоятся к 2020-2025 г.г.

По результатам проведенного исследования автор приходит к следующим выводам:

-Бассейн Аральского моря находится в условиях нарастающего экологического кризиса, который превращается в кризис благосостояния населения.

-Улучшение состояния природных экосистем является единственным условием, обеспечивающим устойчивое развитие и повышение благосостояния населения.

-В настоящее время Казахстан сделал ставку на «Зеленую экономику» и стремительно переходит в режим её активации, переход страны к данной концепции связан с глобальными трендами мировой экономики, усиливающимися темпами истощения природных ресурсов, ростом экологических рисков и угроз.

Анализ имеющихся данных академика М.Ж. Бурлибаева показывает, что сохранение трансграничных экосистем путем обоснования экологического стока не предусматривается. Всего лишь имеются так называемые «природоохранные попуски», которые, по сути, играют незначительную роль в восстановлении и сохранении речных экосистем. Эти природоохранные попуски в лучшем случае напоминают «минимально необходимые расходы воды» или «санитар-

ные попуски», которые и привели к современным деградациям речных экосистем, т.е. наблюдается технократический подход к водodelению, где главным является обеспечение водой различных отраслей экономики.

Ученые Узбекистана предлагают использовать в качестве критерия водodelения экологический сток трансграничных рек, т.е. прежде чем делить транзитный сток трансграничных рек, необходимо определить потребность самой речной (озерной) экосистемы в воде и делить оставшийся сток между договаривающимися сторонами. Экологический сток рек не может быть постоянной величиной и разовой операцией в течение года между странами, а является переменной величиной в зависимости от водности реального года. В противном случае по сохранению экосистем можно будет забыть, и в результате получим экологическую катастрофу, аналогичную Аральской.

В Казахстане создана современная нормативно-правовая база для перехода к «Зеленой экономике»: принята стратегия -2050, ратифицированы международные экологические конвенции (более 30), а также договоры двухстороннего и многостороннего сотрудничества (около 60), принят Экологический кодекс, утвержден план мероприятий по реализации Концепции на 2013-2020 годы.

Состав мероприятий в Среднесрочной перспективе (до 2025 г.) включает комплексное переустройство существующих оросительных систем на 50% площади орошаемых земель. Эффективность комплексного переустройства определяется тем, что: во-первых, орошение земель обеспечивает производство сельскохозяйственной продукции и сырья для внутреннего потребления и экспорта; во-вторых, орошаемое земледелие является основным водопотребителем и основной причиной экологического, социального и экономического кризиса; в-третьих, переустройство существующих оросительных систем является единственным фактором восстановления экологического каркаса бассейна.

Остальные 50% орошаемых земель, характеризующиеся средним и сильным засолением и малой продуктивностью, целесообразно вывести из оборота. Обоснование состава, объема и очередности реализации указанных мероприятий должно основываться на оценке экологической, социальной и экономической эффективности.

УДК 504.53.06:631.6.02

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**Е.Б. Стрельбицкая, А.П. Соломина**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

По данным Государственного доклада (2016) [1] осушаемые земли по мелиоративному состоянию распределяются следующим образом: в хорошем состоянии – 0,8 млн. га, удовлетворительном – 2,1 млн. га и неудовлетворительном – 1,8 млн. га (37% к наличию). Свою лепту в формирование негативной

экологической ситуации в регионах интенсивного земледелия вносят производства с осушительно-увлажнительными системами (ОУС), где дренажный сток, как продукт функционирования гидромелиоративных систем (ГМС), является мощным антропогенным фактором мобилизации и перераспределения воды и содержащихся в ней химических элементов в пространстве и времени. Ежегодный объем сбросных вод в земледелии (вместе с лесоводством и рыбоводством) за последние 5 лет составил в среднем 26,5% от забираемого объема воды, а объем повторного использования воды не превышал 3,2 %, что свидетельствует о низком уровне эффективности использования водных ресурсов и высоком уровне антропогенного воздействия на водные объекты. Экологическая ситуация усугубляется еще и тем, что в среднем 20,3% загрязненных вод сбрасывается без очистки и только 0,6% проходит очистку до нормативного уровня.

На массивах, где построены ОУС, часть накопленной на системе воды сбрасывается в водоприемник, причем норма сброса может достигать 10...25% общей ее величины. Для условий Нечерноземной зоны гидрохимический состав ДСВ характеризуется «всплесками» концентраций биогенных элементов, органических соединений, воды могут содержать загрязнения в виде остатков минеральных удобрений, охристых соединений, фенолов, пестицидов и тяжелых металлов. В сложившейся ситуации для решения вопросов, связанных с предотвращением загрязнения природных водоемов дренажным стоком и повышением эффективности использования водных ресурсов, формирующихся на локальном уровне в пределах ГМС, необходима разработка новых подходов и технических решений, обеспечивающих аккумуляцию дренажного стока для его дальнейшего использования, а также регулирование его объема и качественного состава.

Основным направлением эксплуатации и разработки ОУС является комплексное регулирование мелиоративных режимов почв на базе перспективных способов их осушения и увлажнения, рациональных конструкций и параметров мелиоративной сети с обеспечением экологической безопасности ГМС путем сведения до минимума выноса вредных химических соединений дренажным и поверхностным стоком, а также устранения отрицательных последствий влияния на прилегающие территории, в том числе природные водоемы.

Для поддержания экологически устойчивых условий в агроландшафтах с осушительными ГМС и безопасного водоотведения для природных вод необходима реализация комплекса инженерно-технических и организационно-хозяйственных мероприятий, направленных не только на минимизацию объемов дренажно-сбросных вод (ДСВ), но и регулирование процесса выноса химических веществ из мелиорируемых почв в дренажный сток и повышение его качественного состава. Для определения путей воздействия на процесс выноса элементов почвенного плодородия и загрязняющих компонентов с мелиорируемых земель нами были использованы информационно-аналитические методы исследования, включающие комплексный анализ, обобщение и структуризацию научно-технической информации, практических результатов исследований ВНИИГиМ и других институтов в области регулирования содержания загряз-

няющих веществ в процессе производства сельскохозяйственной продукции и водоотведения. На их основе была составлена систематизация мероприятий по регулированию объемов и качественного состава ДСВ на водосборной территории ОУС (табл. 1), которая определяет пути экологизации их функционирования с целью рационального использования воды и растворенных в ней веществ и предупреждения загрязнения природных вод.

Таблица 1 – Систематизация мероприятий по экологизации эксплуатации осушительно-увлажнительных систем

Направление мероприятий	Способы реализации	Результаты использования
Инженерно-конструктивные решения и параметры ГМС	Создание ОУС различного типа. Регулирование режимов осушения и увлажнения при эксплуатации ОУС	Сокращение объемов сбросов дренажного стока с ОУС
Применение специальных сооружений и устройств для очистки дренажного стока	Использование фильтрующих устройств на различных элементах осушительной сети. Применение отстойников, физико-химических и биохимических и биологических способов очистки ДСВ. Аэрация сбросных вод.	Снижение содержания загрязняющих компонентов в дренажном стоке для его повторного использования либо сброса
Организационно-хозяйственные меры при эксплуатации ОУС	Обеспечение выполнения требований и рекомендаций по всему комплексу рационального природопользования и охране от загрязнения. Поддержание нормативных значений УГВ и влажности почв при соблюдении рациональных режимов и норм осушения и полива. Мониторинг качества ДСВ для проверки соответствия нормативам.	Защита водных объектов от загрязнения
Агротехнические, агромелиоративные и лесомелиоративные мероприятия	Прогрессивные приемы обработки почв и посева сельскохозяйственных культур. Рациональная структура посевных площадей. Соблюдение научных основ применения удобрений. Применение глубокого рыхления, кротования и других приемов. Окультуривание с помощью приемов структурной и химической мелиораций (добавки минерального грунта, известкование). Создание водоохраных зон и полос, лесополос вдоль магистральных каналов и водоприемников.	Сохранение почвенного плодородия и снижение выноса питательных для растений элементов в дренажный сток и далее в природные воды

Регулирование объемов и качества ДСВ может быть достигнуто с помощью конструктивных решений по совершенствованию ОУС и сооружений в их составе по очистке дренажного и поверхностного стока, а также проведением на водосборе мероприятий организационно-хозяйственной, агромелиоративной, агротехнической и лесомелиоративной направленности для снижения миграции загрязняющих компонентов из наземных в водные экосистемы. При назначении и выборе мероприятий по регулированию состава ДСВ следует ориентироваться на объем, динамику состава и степень загрязнения воды.

Анализ причин проявления негативных процессов при развитии мелиораций в зоне неустойчивого увлажнения определил необходимость совершенствования конструкций систем с целью более тесной увязки с конкретными ландшафтами и природно-климатическими условиями. Тенденции совершенствования конструкций должны развиваться в направлении совмещения функций (осушительных и увлажнительных), поддержания оптимального водного режима, создания замкнутых водооборотов, автоматизации технологического процесса и создания узлов очистки ДСВ.

Технические мероприятия по эксплуатации ОУС должны обеспечивать нормальную работоспособность сооружений, устройств и оборудования на системах с целью обеспечения регулирования водного режима почв с поддержанием его оптимальных параметров в любые по метеорологическим условиям периоды года. Современные ОУС должны соответствовать совокупности показателей качества, выраженные в виде эксплуатационных требований, т.е. при эксплуатации системы должны обеспечивать:

- гарантированное осушение и увлажнение всего массива;
- маневренность управления нормами и режимами осушения и увлажнения, автономную работу осушительной и оросительной сети для быстрого реагирования на изменение условий;
- отвод поверхностных и инфильтрационно-почвенных вод за время, не превышающее рекомендуемых значений;
- глубину грунтовых вод, соответствующую норме осушения;
- оперативное регулирование влажности корнеобитаемого слоя почвы в оптимальных пределах (0,8...1,0 НВ);
- незаиляемость регулирующей и проводящей сети;
- рациональное и эффективное сельскохозяйственное использование мелиорируемых земель;
- своевременное и качественное проведение мероприятий по технической эксплуатации мелиоративной сети;
- возможность механизации и автоматизации процессов полива;
- качество ДСВ в соответствии с нормативными требованиями.

Для экологической безопасности осушительных систем для природных вод оптимальными являются условия эксплуатации, регулирующие УГВ в пределах 0,4-0,9 м. Нормы осушения устанавливаются в зависимости от возделываемых сельскохозяйственных культур и фазы их развития. Различают предпо-

севные (период начала обработки почвы), посевные и средние (табл. 2 [2]) за вегетационный период нормы осушения в соответствии с требованиями СНиП 2.06.85.

Таблица 2 – Нормы осушения различных почв, см

Угодья, культуры	Средние за вегетационный период		
	песчаная	супесчаная	низинный торф
Луга	45	50	60
Пастбища	50	55	80
Зерновые	60	65	80
Техниче- ские	70	75	100
Овощные	70	75	90

Влажность почвы в корнеобитаемом слое в вегетационный период должна поддерживаться на уровне (в % полной влагоемкости): для зерновых культур – 65...75; овощей, картофеля и корнеплодов – 60...80; трав – 65...85% [3]. При увеличении влажности сверх этих значений применяются мероприятия по осушению почв, а при уменьшении – дополнительному их увлажнению.

Наиболее распространенным способом увлажнения в Нечернозёмной зоне является дождевание, позволяющее проводить поливы небольшими нормами в заданные сроки, соблюдение норм полива способствует уменьшению выноса загрязняющих веществ дренажным стоком. Режим увлажнения для различных сельскохозяйственных культур устанавливается по данным о влажности почвы и глубине расчетного слоя; на основании водобалансовых расчетов в корнеобитаемой зоне для лет с различной обеспеченностью осадками. Он определяется сезонными и разовыми нормами увлажнения, сроками проведения поливов и межполивными периодами для различных культур. Нормы дополнительного увлажнения осушаемых земель в ЦНЗ РФ приведены в таблице 3.

Проведение мероприятий по регулированию качества дренажного стока в соответствии с экологическими требованиями и ограничениями дает возможность для его безопасного внутрисистемного использования, а также сброса в водоприемники. Технологические схемы и приемы обработки и улучшения качества дренажных вод перед их повторным использованием или сбросом в водоем корректируется в процессе привязки к конкретным условиям в зависимости от объема, динамики химического состава и степени загрязнения воды. На локальных системах, имеющих накопители дренажных вод и технологические узлы по очистке дренажного стока, используются различные методы очистки в зависимости от объема и химического состава дренажного стока, степени загрязнения воды и приоритетных загрязняющих компонентов, а также требований, предъявляемых к качеству воды для повторного использования [4].

Таблица 3 – Нормы дополнительного увлажнения осушаемых минеральных и торфяных почв, м<sup>3</sup>/га

Обеспеченность осадками, %	Супесчаные		Суглинистые		Торфяные маломощные		Торфяные мощные	
	Многолетние травы	Капуста	Многолетние травы	Капуста	Многолетние травы	Капуста	Многолетние травы	Капуста
50	1080	1400	200	1050	-	200	-	-
75	1700	2000	670	1600	50	700	-	200
95	2250	3000	1700	2400	900	1700	400	650

В целях экологизации эксплуатации осушительно-увлажнительных систем сотрудниками ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова разработана ОУС [5], включающая закрытые дрены, сопряженные с коллекторами, оборудованными колодцами-накопителями дренажного стока. На каждом колодце-накопителе смонтирована стационарная дождевальная установка, что позволит производить частые поливы нормами, возмещающими суточную эвотранспирацию поля при постоянном возобновлении запаса воды в системе. Регулирование поливной нормы в виде аэрозоля с размером капель до 100 мкм через оголовок с разбрызгивающими насадками обеспечит снижение интенсивности подачи воды до уровня, исключающего разрушение структуры почвы и образование стока. При этом обогащение диспергированной воды озоном с помощью электродов в смесительной камере в зоне подачи воздуха из компрессора сможет повысить интенсивность окисления загрязняющих веществ и снизит их содержание в дренажной воде, что обеспечит очистку ДСВ для их безопасного внутрисистемного использования, а также сброса в водоприемник.

### Выводы

1. Одной из экологических проблем эксплуатации осушительно-увлажнительных систем является объем и качество дренажно-сбросных вод. Их регулирование на мелиорируемых территориях необходимо проводить с целью безопасного внутрисистемного повторного использования дренажного стока для орошения сельскохозяйственных культур и предупреждения (или снижения) загрязнения природных вод.

2. Разработанная систематизация мероприятий по регулированию объемов и качественного состава дренажно-сбросных вод позволит определить пути экологизации эксплуатации ОУС с целью рационального внутрисистемного использования воды и безопасного водоотведения.

3. Разработанная осушительно-увлажнительная система регулированием поливной нормы обеспечит снижение интенсивности подачи воды до уровня, исключающего разрушение структуры почвы и образование стока, кроме того, наличие электродов в смесительной камере сможет повысить интенсивность окисления загрязняющих веществ и снизит их содержание в дренажной воде.

#### Список использованных источников

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2016. – 603 с.
2. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение: Справочник / Под ред. академика РАСХН Б.С. Маслова. – М.: «Ассоциация ЭкоСт», 2001. – 606 с.
3. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 134 с.
4. Максименко, В.П. Возможности реализации рециклинга на осушительно-увлажнительных системах гумидной зоны [текст] / В.П. Максименко, Е. Б. Стрельбицкая, А.П. Соломина; Н. В. Айриян // Природообустройство. – 2016. - № 2. – С.87-94.
5. Губин, В.К. Осушительно-увлажнительная система. Патент РФ № 2608050 / В.К. Губин, М.Ю. Храбров, В.П. Максименко, Л.В. Кудрявцева, А.П. Соломина, Е.Б. Стрельбицкая. ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова" / Заявка № 2015142674, заявлено 08.10.2015. Оpubл. 12.01.2017, БИ № 2.

УДК 551.586/ 282.255.44

### **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОСБОРНУЮ ТЕРРИТОРИЮ БАСЕЙНА РЕКИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

<sup>1</sup> Н.А. Турсынбаев, <sup>2</sup> Ж.С. Мустафаев, <sup>3</sup> Л.В. Кирейчева

<sup>1</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Бассейн трансграничных рек является специфическим объектом исследования и в связи с этим оценка техногенной нагрузки на водосборный бассейн трансграничных рек является одной из актуальных проблем как единого природно-хозяйственного комплекса, обеспечивающего экономическую, социальную и экологическую устойчивость жизни нескольких стран [1].

При оценке антропогенной нагрузки учитывались две группы показателей: прямого (непосредственного) и косвенного (опосредованного) воздействия на водоемы и водотоки [2].

В качестве основных (базовых) применялись: плотность населения на водосборной территории, плотность промышленного производства (объем производимой в регионе промышленной продукции в тыс. долларов, приходящийся на 1 км<sup>2</sup>) и сельскохозяйственная освоенность, включающая распаханность (%) и животноводческую нагрузку (количество условных голов на 1 км<sup>2</sup>).

Используемые показатели группировались по видам антропогенных воздействий - демографических, промышленных и сельскохозяйственных. Совокупная антропогенная нагрузка определялась как среднеарифметическое значение баллов демографической, промышленной и сельскохозяйственной нагрузок, в основе которой положена методика А.Г. Исаченко [3]. При этом следует отметить, что метод оценки, базирующийся на шкале интенсивности антропо-

генной нагрузки на водосборные территории речных бассейнов носит визуальный характер, то есть отсутствуют комплексные интегральные показатели, характеризующие техногенные нагрузки [1].

Для оценки уровня техногенной нагрузки на водосборный бассейн трансграничных рек, можно использовать обобщенный показатель ( $K_{тн}$ ), который определяется по формуле [1]:

$$K_{км} = \sqrt{\prod_{i=1}^n K_i^i},$$

где:  $K_i^i = \exp(-K_i)$  - относительные значения уровня техногенных нагрузок на водосборные территории речных бассейнов или коэффициент антропогенной деятельности [1].

Для оценки уровня техногенной нагрузки на водосборный бассейн трансграничных рек можно использовать показатели А.Г. Исаченко, поставив их в виде коэффициента ( $K_i$ ), характеризующего отношение отдельной фактической техногенной нагрузки к их оптимальному значению, который принят как уровень средней нагрузки, то есть [1]:

- коэффициент ( $K_i^{nl}$ ), характеризующий плотность населения:

$K_i^{nl} = P_{опт} / P_{фак}$ , где  $P_{фак}$  - фактическая плотность населения, чел/км<sup>2</sup>;  $P_{опт}$  - оптимальная плотность населения, которая соответствует уровню средней нагрузки, чел/км<sup>2</sup>;

- коэффициент ( $K_i^{np}$ ), характеризующий плотность промышленного производства:  $K_i^{np} = PP_{опт} / PP_{фак}$ , где  $PP_{фак}$  - фактическая плотность промышленного производства, тыс. доллар/км<sup>2</sup>;  $PP_{опт}$  - оптимальная плотность промышленного производства, которая соответствует уровню средней нагрузки, тыс. доллар/км<sup>2</sup>;

- коэффициент ( $K_i^{pa}$ ), характеризующий распаханность естественных ландшафтов:  $K_i^{pa} = F_{рас}^{опт} / F_{рас}^{фак}$ , где  $F_{рас}^{фак}$  - фактическая распаханность естественных ландшафтов, %;  $F_{рас}^{опт}$  - оптимальная распаханность естественных ландшафтов, которая соответствует уровню средней нагрузки, % ;

- коэффициент ( $K_i^{жив}$ ), характеризующий плотность животноводческой нагрузки:  $K_i^{жив} = N_{опт}^{жив} / N_{фак}^{жив}$ , где  $N_{фак}^{жив}$  - фактическая плотность животноводческой нагрузки, условные головы/км<sup>2</sup>;  $N_{опт}^{жив}$  - оптимальная плотность

животноводческой нагрузки, которая соответствует уровню средней нагрузки, усл. гол/км<sup>2</sup>.

При этом совокупная техногенная нагрузка на водосборные территории речных бассейнов определялась, как квадратный корень произведения относительных значений уровня отдельных видов техногенных нагрузок, в результате чего можно получить обобщенный интегральный показатель ( $K_{тн}$ ) характеризующий результат антропогенной деятельности (таблица 1) [1].

Таким образом, в целом при оценке интенсивности техногенной нагрузки по критериальным параметрам показатель совпадает, то есть количественная оценка с использованием интегрального показателя ( $K_{тн}$ ) техногенной нагрузки на водосборные территории бассейнов трансграничных рек повышает объективность полученных результатов, позволяя выявить территориальные закономерности формирования и функционирования природно-техногенных объектов.

Таблица 1 - Интегральный показатель ( $K_{тн}$ ), характеризующий количественное значение техногенной нагрузки природно-техногенных объектов

Интенсивность нагрузки, балы	Показатели				$K_{тн}$
	$P_{фак}$ , чел/км <sup>2</sup>	$PP_{фак}$ , тыс.дол./км <sup>2</sup>	$F_{рас}^{фак}$ , %	$N_{жив}^{фак}$ , усл. гол/км <sup>2</sup>	
Незначительная или отсутствует(1)	0,00	0,00	0,00	0,00	>1,000
Очень низкая (2)	<0.10	<0.35	<0.10	<0.10	0,000
Низкая (3)	0,20-1,00	0,36-3,50	0,2-1,0	0,2-1,0	0,002
Пониженная (4)	1,10-1,50	3,60-35,00	1,1-5,0	1,1-2,0	0,089
Средняя (5)	5,10-10,00	36,0-105,0	5,1-15,0	2,1-3,00	0,135
Повышенная (6)	1,10-25,00	106,0-140,0	15,1-40	3,10-6,0	0,383
Высокая (7)	25,10-50,0	141,0-170,0	40,1-60	6,1-10,0	0,556
Очень высокая (8)	>50.0	>170.00	>60.0	>10.0	>0,556

#### Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Иванова Н.И., Ешмаханов М.К., Турсынбаев Н.А. Оценка техногенной нагрузки на водосборной территории бассейна трансграничной реки Талас на основе интегральных показателей антропогенной деятельности // Известия НАН РК, серия аграрных наук, 2017.-№23.- С. 48-56.
2. Стоящева Н.В., Рыбкина И.Д. Трансграничные проблемы природопользования в бассейне Иртыша // География и природные ресурсы, 2013.- №1.- С. 26-32.

3. Исаченко А.Г. Экологическая география России. - СПб. Издательский дом СПбГУ, 2001.- 328 с.

УДК 631.6

## **ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**

**К.А. Фонтана**

ЦЭМИ РАН, г. Москва, Россия

Продуктивность и дальнейшее развитие сельского хозяйства (СХ) является одной из основополагающих задач, которые стоят перед человечеством в качестве глобального вызова. Рост населения Земли, увеличение потребности в сельскохозяйственной продукции требуют все большего количества воды. Использование современных ирригационных систем (ИС) может помочь смягчить негативное воздействие изменения климата на водные ресурсы, преодолеть ограниченность доступа к воде. При этом повторное использование сточных вод (ПИСВ) становится важным элементом в управлении водными ресурсами. В отчете ООН (Water and Energy. The United Nations World Water Development Report, 2014) указывается, что одним из способов грамотного использования воды является ее вторичное использование без очистки до уровня питьевой.

**Для разных целей – разная вода.** Согласно концепции ПИСВ, которая была сформулирована Экономическим и Социальным Советом ООН в 1958 г., вода высокого качества не должна, за исключением тех случаев, когда она имеется в избытке, использоваться для целей, которые допускают применение воды более низкого качества.

Сегодня в Европе предпочтение отдается использованию вторичных вод (ВВ) в СХ. Подключение к магистральному водопроводу (за исключением ситуаций, когда вода предназначена для питьевых целей) ограничивается случаями, когда нет возможности использовать ВВ или экономические затраты на очистку и использование ВВ носят очевидный отрицательный результат.

**Преимуществами ПИСВ** являются: • сохранение и рациональное распределение пресной воды, особенно в районах, находящихся в зоне «водного стресса»; • сокращение сброса сточных вод; • сокращение потребностей в искусственных удобрениях; • сохранение почв путем накопления гумуса и предотвращения эрозии земли.

Кроме того, ВВ представляет собой надежный источник воды определенного качества, не подверженного влиянию засухи и другим климатическим обстоятельствам (Fontana *et al.*, 2016).

**Нормативные требования по использованию вторичной воды.** Процессы обработки сточных вод можно подразделить на 3 основных этапа: физический, химический и биологический (Water and Wastewater Reuse, 2005). Послед-

нее время распространение получает мембранная фильтрация (Membrane Filtration Technologies), которая используется в качестве эффективной меры для получения воды высокого качества.

Вместе с тем, несоблюдение технологических процедур по очистке сточных вод или их недостаточная очистка, могут создавать риски для здоровья как населения, так и самих производителей сельскохозяйственной продукции, а также быть причиной изменения качества почвы.

Поэтому при принятии решения о ПИСВ следует критически проанализировать все риски и выгоды, с учетом местных условий и требований нормативной базы. В 1989 г. ВОЗ разработала, а потом доработала руководящие принципы для ПИСВ в СХ. В основу принятия подобных решений должны быть положены следующие принципы:

1. Не нарушение природного баланса,
2. Обеспечение строгих стандартов качества и использование соответствующих технологий для очистки сточных вод,
3. Защита общественного здоровья,
4. Общественное признание, наряду с экономической выгодой, при соблюдении основных приоритетов национальной политики в области управления водными ресурсами и экологической политикой.

**ПИСВ в СХ чаще всего используются** при ирригации (включая прикорневой полив) продовольственных (ограниченное использование) и непродовольственных культур (практически неограниченное использование). В наши дни ВВ все шире используют при внутрпочвенном способе ирригации – вода доставляется непосредственно к корням растений, поэтому потенциальное отрицательное влияние ВВ на внешнюю среду минимально или отсутствует. Кроме того, наилучшим образом используются «удобрительные» свойства ВВ. При грамотном режиме ирригации глубина промачивания ВВ не превышает 1,5 м, поэтому загрязнение грунтовых вод практически исключена (Ратников, 2014).

Полив сельскохозяйственных культур ВВ широко распространен в США, Израиле, Латинской Америке, Австралии, средиземноморских и арабских странах, Северной Африке и Индии. В некоторых странах, испытывающих нехватку пресной воды (таких как Иордания, Перу, Саудовская Аравия), использование ВВ при ирригации является государственной политикой. К сожалению, в России ПИСВ пока не получило широкого распространения.

**Заключение.** СХ является основным потребителем воды. В тоже время во многих случаях СХ может использовать воду более низкого качества, чем другие потребители. С учетом неопределенности в прогнозах воздействия изменения климата и усиления конкуренции за воду для устойчивого развития СХ и обеспечения продовольственной безопасности актуальным является внедрение практик ПИСВ с применением современных ИС, которые позволяют получить большее количество продовольствия, используя меньшее количество воды («большее количество урожая за каплю воды»), не нанося ущерб экосистемам.

Многие западные специалисты сходятся во мнении, что ВВ, если они проходят необходимую очистку и повторно используются с соблюдением действующей нормативной базы, образуют прибыльный и гарантированный источник воды в СХ с высокой пищевой ценностью.

Вместе с тем, принятие решения по проектам ПИСВ должно основываться на тщательном анализе рисков и выгод, включая анализ «затрат-выгод», учитывая возможные долгосрочные последствия для почв, растений, людей. А реализация подобных проектов должна сопровождаться организацией «цепи повторного использования воды»: сочетание технологий по очистке сточных вод; дальнейшее ее распределение и хранение; использование соответствующего ирригационного оборудования; подбор культур для полива; применение практик и опыта управления водными ресурсами, экономическими, социальными, финансовыми структурами, с использованием различных организационных методов и механизмов (Егорова и др., 2015).

#### **Список использованных источников**

1. Егорова Н.Е., Лугин В.Г., Фонтана К.А., Селюченко О.А., Дьячков С.В., Фонтана К. Задачи внедрения автоматических систем полива в городском хозяйстве. //Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. №04 (75), 2015, с.194-196.
2. Ратников А. Использование бытовых сточных вод для орошения зеленых насаждений. //Вестник ассоциации предприятий индустрии климата «Мир климата». №86,2014. [Электронный ресурс] доступ: [https://www.mirklimata.info/archive/2014\\_5/ispolzovanie\\_bitovih\\_stochnih/](https://www.mirklimata.info/archive/2014_5/ispolzovanie_bitovih_stochnih/).
3. Fontana K.A., Fontana C. Wastewater use: a new opportunity for the green economy. General-overview. // Актуальныепроблемыгуманитарныхиестественныхнаук. №03 (86) март, ЧастьII. 2016. С.8-11.
4. Water and Wastewater Reuse.United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics - International Environmental Technology Centre. 2005. [online] Available from:[http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Water Sanitation/wastewater\\_reuse/Booklet-Wastewater Reuse.pdf](http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Water_Sanitation/wastewater_reuse/Booklet-Wastewater Reuse.pdf).

УДК 631.6

## **К ВОПРОСУ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОДЪЕМА ДНА РУСЛА Р. АМУДАРЬЯ ВЫШЕ ТУЯМУЮНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

**Ф.Ш. Шаазизов**

НИИ ирригации и водных проблем, г. Ташкент, Узбекистан

#### **Методика исследований**

При выполнении исследований использованы теоретические и экспериментальные методы исследований, методы статистической обработки данных.

## Результаты исследований

По условиям формирования стока реки бассейн Амударьи делятся на несколько участков:

1. бассейн р. Пяндж. Бассейн р. Пяндж делится еще на 2 гидрологические области: а) Таджикский Памир, отличающийся сравнительным многоводьем, б) Южную Афганскую часть бассейна, характеризующуюся как маловодная;
2. бассейн р. Вахш;
3. бассейны рек, образующихся на южных склонах Гиссарского хребта (Кафирниган, Сурхандарья, Шерабаддарья);
4. бассейны рек Кашкадарья и Зеравшан, которые по орографическим и гидрографическим признакам должны быть отнесены к бассейну Амударьи;
5. равнинная часть бассейна р. Амударья (условно верхней границей области принят створ Атамырат).

Кроме того, бассейн р. Амударья делится на несколько частей:

- зона формирования стока, которая заканчивается створами Термез и Атамырат (Керки);
- зона транзита, которая ограничивается створами Бирата (Дарганата) - теснина Туямуюн;
- и зона рассеивания стока - створами Саманбай (г. Нукус) и Кызылджар.

У створа теснина Туямуюн сведения о среднегодовых расходах воды имеются за 1980-2013 гг. За этот период они изменялись от 298 м<sup>3</sup>/с (в 2001 г.) до 1640 м<sup>3</sup>/с (в 1992 г.), 1530 м<sup>3</sup>/с (в 1998 г.) при норме стока равной 858 м<sup>3</sup>/с.

Анализ результатов многолетних наблюдений и измерений расходов воды на рассматриваемом участке р. Амударья показывает на постепенное уменьшение расходов воды. Линия тренда направлена под углом к оси абсцисс графика в сторону понижения расходов воды. Согласно прогнозу ориентировочно, к 2030 г. они могут уменьшиться до 550-560 м<sup>3</sup>/с [1].

Строительство и продолжительная эксплуатация Туямуюнского водохранилищного гидроузла, расположенного в среднем течении Амударьи, способствовало интенсивному отложению наносов в верхнем бьефе водохранилища (Тупроккалинский район Хорезмской области), которое способствовало возникновению угрозы затопления больших сельхозугодий в рассматриваемом районе. Интенсивное осаждение наносов на рассматриваемом участке способствовало постепенному подъему дна русла реки на участке действия подпора от Туямуюнского водохранилища.

Согласно данным проведенных исследований под влиянием Туямуюнского водохранилища в верхней части гидроузла горизонт воды поднялся на 1,0 метр, а отметки дна реки на данном участке на 2-2,6 метров. Из-за этого горизонт воды реки Амударьи поднялся практически до проектной отметки берегозащитных дамб, и возникла угроза затопления освоенных пойменных участков сельхозугодий. Начиная с 1998 года при прохождении по Амударье паводковых расходов возникали случаи угроз перелива воды через защитные дамбы и за-

топление освоенных посевных площадей. Так 19 июля 2012 года по р. Амударья при прохождении паводка расход воды составил порядка 3500-4235 м<sup>3</sup>/с.

При поднятии уровня воды в реке с целью предотвращения угрозы перелива и затопления территорий были организованы работы по наращиванию высоты дамбы, и был выполнен объем земляных работ в размере 9000м<sup>3</sup>.

Для оценки и установления закономерности подъема поверхности дна реки под действием подпора Туямуюнского водохранилища были обработаны данные проведенных замеров максимальных глубин водного потока в створе г/п Бирата (Дарганата) за многолетний период.

Согласно обработке данных наблюдений «Узгидромет» за 1997-2012 годы для створа, расположенного выше Туямуюнского водохранилища, получены графические и эмпирические зависимости изменения отметки донной поверхности от значения проходящего расхода воды в рассматриваемом створе г/п Бирата (рис. 1).

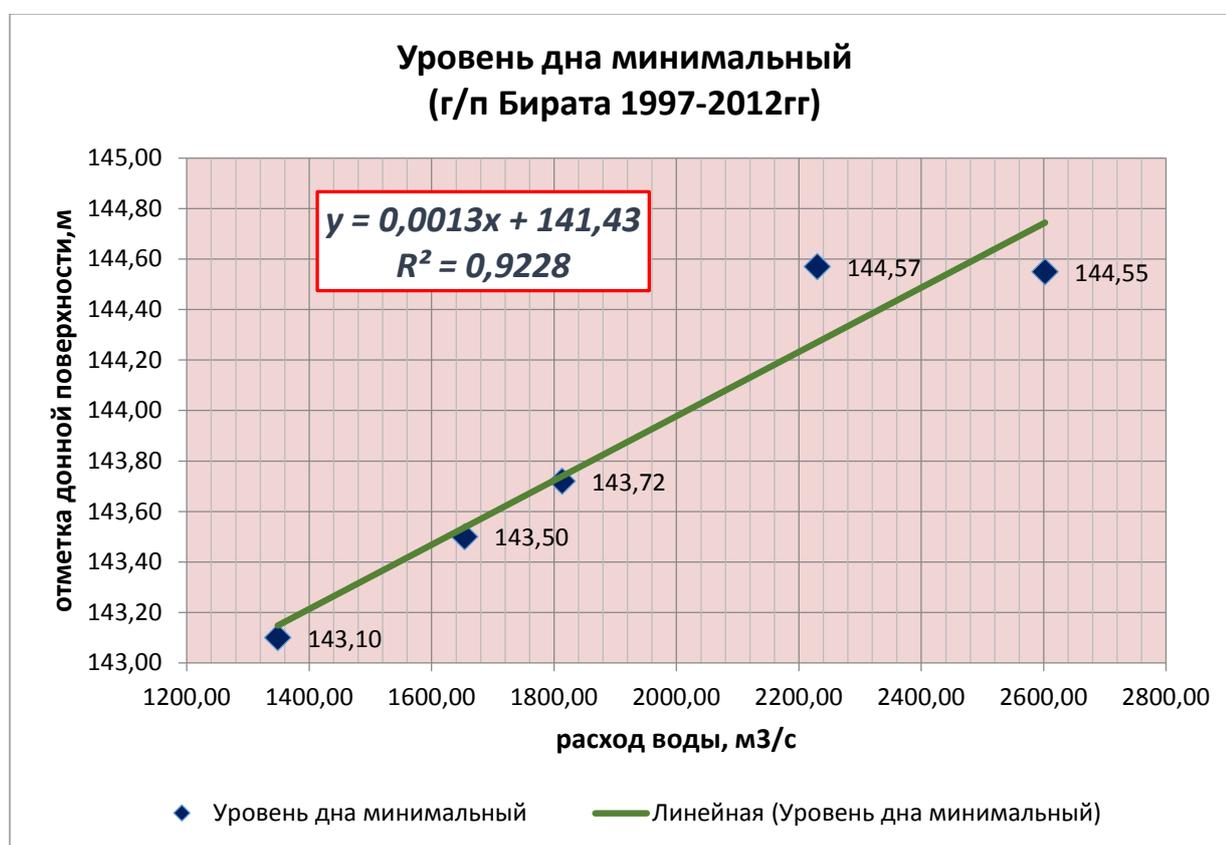


Рисунок 1 - Графическая зависимость изменения отметки от расхода воды

Анализ результатов статистической обработки данных показал линейную зависимость повышения отметки дна русла реки Амударья от изменения значений расхода воды на рассматриваемом створе реки:

$$V_{\text{дна}} = 0,0013Q + 141,43 \quad (1)$$

Значения достоверности аппроксимации полученных эмпирических зависимостей составил 0,92, что указывает на большую сходимость натуральных дан-

ных с полученными эмпирическими зависимостями и малую величину отклонения от линии тренда (рис.1).

#### **Основные выводы**

1. Интенсивное антропогенное влияние на сток р. Амударья повлекло за собой полное изменение русловой обстановки на рассматриваемом участке (выше Туямуюнского водохранилища).

2. Анализ результатов многолетних наблюдений и измерений расходов воды на рассматриваемом участке р. Амударья показывает на постепенное уменьшение расходов воды. Линия тренда направлена под углом к оси абсцисс графика в сторону понижения расходов воды. Согласно прогнозу, ориентировочно к 2030 г. они могут уменьшиться до 550-560 м<sup>3</sup>/с.

3. Согласно обработанным данным наблюдений «Узгидромет» за 1997-2012 годы для створа, расположенного выше Туямуюнского водохранилища, получены графические и эмпирические зависимости изменения отметки поверхности дна от значения проходящего расхода воды в рассматриваемом створе г/п Бирата.

#### **Список использованных источников**

1. Чембарисов Э.И., Шаазизов Ф.Ш., Насрулин А.Б., Лесник Т.Ю. ГИС-технологии для исследования генезиса и режима поверхностных вод бассейна реки Амударья и их влияние на засоление агроландшафтов // Сб. тр. республиканской научно-практического семинара «Использование земельных ресурсов и водных ресурсов в области изменения окружающей среды», Ташкент, 22 апреля 2016 г. С.360-364.
2. Исмагилов Х.А., Шаазизов Ф.Ш., Сайидов М.Т. Определение уровня воды на участке плотины, находящейся под давлением // Вестник ТашГТУ №2, 2013, Ташкент, с.- 176-180.

УДК 631.6

## **ОАЗИСНОЕ ОРОШАЕМОЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВО НА ОСНОВЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАК СПОСОБ СОЗДАНИЯ СТРАХОВОГО ЗАПАСА КОРМОВ НА АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ МОНГОЛИИ**

**Н.З. Шамсутдинов<sup>1</sup>, С. Энх-Амгалан<sup>2</sup>, Н.Л. Цаган-Манджиев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Институт географии Академии наук Монголии, г. Улан-Батор, Монголия;

<sup>3</sup>Калмыцкий НИИ сельского хозяйства им. М.Б.Нармаева, г.Элиста, Россия

Недостаточная обеспеченность животных пастбищными кормами поздней зимой и ранней весной приводит к их истощению и гибели. Чтобы исключить подобные трагические явления в пастбищном животноводстве страны необходимо иметь на пастбищах запас высокобелковых и энергонасыщенных кормов для дополнительного кормления животных в критические периоды их пастбищного содержания. Получить высокобелковые и энергонасыщенные корма в условиях безводной степи можно только за счет орошения подземными водами.

Разработку технологии оазисного кормопроизводства на основе орошения подземными водами проводили в районе сомона Делгэрцогт Среднеобийского

аймака Монголии. На экспериментальном участке были высеяны и испытывались 30 видов и 42 сорта кормовых культур российской селекции (1-7).

Цель этого эксперимента – отобрать все лучшие, более продуктивные засухо- и морозоустойчивые, терпимые к бесснежным морозам зимой, приспособленные к ультраконтинентальным аридным условиям Гоби кормовые культуры, способные формировать 10-12 тысяч кормовых единиц с 1 га орошаемых земель. Исследования по введению в культуру новых для аридной зоны Монголии кормовых растений выполнялись в сухостепной зоне Среднегобийского аймака Монголии.

**Продуктивность райграса однолетнего с тритикале при орошении солеными водами в условиях Среднегобийского аймака Монголии.** Высокая урожайность зеленой массы и сена райграса однолетнего сорта "Рapid" и его отавы объясняется его устойчивостью к поливу засоленными водами. Так, урожайность зеленой массы составила 154 ц/га, сена 68 ц/га при среднесортной – 70-80 ц/га сена (вегетационный период 60 дней).

Наиболее высокая урожайность зеленой массы и сена среди хлебных злаков получена у ячменя ярового "Прерия" – соответственно 114 и 63 ц/га при раннем сроке уборки и 1242 и 88 ц/га при позднем, что составило 90 и 78% от средней урожайности всех культур.

Учитывая высокую устойчивость райграса однолетнего и ячменя ярового к поливу солеными водами, их вполне можно рекомендовать для дальнейшего изучения с расширением их сортимента.

В посевах тритикале яровой сорта "Ярило" раннего срока посева густота всходов составила 40% от нормы высева. Ее посевы можно охарактеризовать как хорошие. При более позднем сроке сева и тритикале яровая, и пшеница дали хорошие всходы. Поэтому в дальнейшем следует провести опыты по выявлению оптимальных сроков сева хлебных злаков на корм в условиях Центральной Монголии. К августу – сентябрю 2011 г. количество побегов увеличилось на 36-65% и составило для тритикале – 63-67%, для пшеницы мягкой 42-50% плотности травостоя сравниваемых культур.

Поскольку опыты по созданию страховых кормовых запасов в условиях Среднегобийского аймака в Монголии проводятся впервые, то изучение высоты травостоя кормовых трав очень важно для дальнейшей разработки технологии их укосного использования.

В 2011 году при скашивании тритикале яровой сорта "Ярило" и пшеницы мягкой сорта "Курьер" 11 августа (соответственно на 60 и 57-й день вегетации), пшеница сильно уступала высоте сортовых показателей вегетации на 26%.

На бурых почвах сухостепной зоны при орошении подземными водами тритикале яровая формирует в первый срок (5 июля) при широкорядном посеве 86,0 и узкорядном 129,5 ц/га зеленой массы и 42,0 и 63,0 ц/га сена соответственно и во втором сроке посев при широкорядном посеве 119,7 и узкорядном – 179,7 ц/га зеленой массы, и, соответственно, при широкорядном 72,8 и 109,1 ц/га сена. Анализ структуры тритикале ярового показал, что в кормовой массе

43-45% составляют листья, что предопределяет высокие кормовые достоинства этого растения в зоне сухих степей Среднеобийского аймака.

**Заключение.** Совокупность эколого-биологических свойств райграса однолетнего, выявленных в ходе исследований обуславливает формирование достаточно высокой кормовой продукции: при широкорядном посеве – 153,2 ц/га зеленой и 68,4 ц/га сухой кормовой массы; при узкорядном посеве – 230,7 ц/га зеленой и 102,6 ц/га сухой кормовой массы.

Тритикале яровой формирует в первый срок (5 июня) при широкорядном посеве 86,0 и узкорядном 129,5 ц/га зеленой массы и 46,5 и 70,0 ц/га сена соответственно и во втором сроке посева при широкорядном посеве 119,7 и узкорядном – 179,6 ц/га зеленой массы и, соответственно, при широкорядном 72,8 и 109,1 ц/га сена.

Это дает основание для существенно важного вывода о том, что райграсс однолетний и тритикале яровая являются перспективными кормовыми культурами для введения в культуру в сухостепной зоне Монголии с целью возделывания на корм на землях, орошаемых подземными водами.

Полученные данные дают основание для заключения о возможности гарантированного производства полноценных кормов для создания страхового запаса на орошаемых подземными водами землях с целью кормления животных в критические периоды их пастбищного содержания в поздnezимний и ранневесенний сезоны в аридных районах Монголии. В результате существенно снижается нагрузка на природные пастбища, что предупреждает возможность опустынивания территорий в аридных районах Монголии.

#### **Список использованных источников**

1. Османов Р.О. Подбор культур для земель артезианского орошения в Юго-Западных Кызылкумах / Р.О. Османов // Каракулеводство – вып. 3. – Ташкент: ФАН – 1973. – с. 354-367.
2. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Галофиты России, их экологическая оценка и использование / З.Ш. Шамсутдинов, И.В. Савченко, Н.З. Шамсутдинов – М.: Эдель-М. – 2000. – 399 с.
3. Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. Использование галофитов для устойчивого развития жизнеспособного сельского хозяйства в аридных районах России и Центральной Азии / З.Ш. Шамсутдинов, Н.З. Шамсутдинов. // Аридные экосистемы. – 2003. – Т.9. – № 19-20. – С. 22-27.
4. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Галофитное растениеводство (эколого-биологические основы)/З.Ш. Шамсутдинов, Н.З. Шамсутдинов - М.: Эдель-М. - 2005.- 404 с.
5. Шамсутдинов З.Ш., Писковацкий Ю.М., Новоселов М.Ю., Тюрин Ю.С., Костенко С.И., Переprawo Н.И., Козлов Н.Н., Агафодорова М.Н., Шамсутдинова Э.З., Пуца Н.М., Степанова Г.В., Дробышева Л.В., Золотарев В.Н., Клименко И.А. Селекция и семеноводство кормовых культур в России: достижения и стратегические направления в контексте повышения конкурентоспособности // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 54. С. 349-356.
6. Районированные и перспективные сорта кормовых культур селекции всероссийского научно-исследовательского института кормов имени В. Р. Вильямса / Шамсутдинов З.Ш., Новоселова А.С., Тюрин Ю.С., Переprawo Н.И., Писковацкий Ю.М., Новоселов М.Ю., Нена-

роков Ю.М., Степанова Г.В., Костенко С.И., Кулешов Г.Ф., Пилипко С.В., Воловик В.Т., Шамсутдинова Э.З., Ионис Ю.И., Хамидов А.А. Каталог / Москва, 2006.

7. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинова Э.З., Парамонов В.А., Каминов Ю.Б. Перспективные виды полыней для восстановления продуктивности деградированных полупустынных пастбищ // Кормопроизводство. 2011. № 3. С. 8-12.

УДК 631.6

## **ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА ОТКРЫТОГО ГРУНТА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ**

<sup>1</sup>Н.А. Щербакова, <sup>2</sup>Кади Силла, <sup>1</sup>А.Н. Бондаренко

<sup>1</sup>ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», Астраханская обл., Черноярский р-н, с. Соленое Займище, Россия;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

Среди овощных культур огурцы самые требовательные к влажности почвы и воздуха. Недостаток влаги, как и её избыток, отрицательно сказывается на развитии растений огурца, резко сокращая урожай культуры. Это объясняется тем, что его корневая система в основном расположена в верхних слоях почвы и имеет небольшую сосущую силу, а в перенасыщенной водой почве недостаточно воздуха, корневая система задерживается в росте и может отмереть совсем [1, 2, 3].

Полив огурца осуществлялся капельным способом. При капельном орошении поливная вода из напорного трубопровода подается в ёмкость, а затем с помощью насоса и фильтров очистки через систему магистральных гибких шлангов в тонкие рядковые поливные трубки со встроенными в них капельницами.

Огурец на разных стадиях развития в силу своих биологических особенностей предъявляет различные требования к влажности почвы. Необходимым условием для получения высоких и стабильных урожаев культуры огурца является регулирование водного режима путем проведения вегетационных поливов. Влажность в активном слое почвы (0,4 м) в период от появления всходов до начала плодоношения поддерживалась на уровне 70% НВ, а с начала плодоношения до конца вегетации 80-85% НВ [5].

Поливы проводили с интервалом в среднем 2-3 дня. За вегетацию огурцов нами было проведено в 2014 г. – 47, в 2015 г. – 29, а в 2016 – 35 поливов поливной нормой 140 м<sup>3</sup>/га. Оросительная норма за период вегетации в среднем составила – 5223,0 м<sup>3</sup>/га. Увлажнялась почва на глубину не менее 35-40 см. Подача оросительной воды производилась из естественного источника.

В среднем за 2014-2016 гг. по урожайности выделились длинноплодные гибриды Зена F<sub>1</sub> и Шуберт F<sub>1</sub> – 75,7 и 75,0 т/га, соответственно, и короткоплодные гибриды и сорта Маша F<sub>1</sub>, Аякс F<sub>1</sub>, Герман F<sub>1</sub>, Пальчик, Изящный с урожайностями от 79,3 до 86,8 т/га. На основе полученных урожайных данных был рассчитан коэффициент водопотребления, под которым понимается суммарный

расход воды на формирование единицы товарной продукции [4]. Коэффициент водопотребления колебался по годам и зависел от полученного товарного урожая плодов огурца. Чем выше была товарная урожайность, тем ниже был коэффициент водопотребления и наоборот (таблица).

Таблица – Коэффициент водопотребления сортообразцов огурца, м<sup>3</sup>/т

№ п/п	Сортообразец	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее
Длинноплодные					
1.	Феникс St	310,6	200,2	265,0	258,6
2.	Зена F <sub>1</sub>	228,2	139,9	154,0	174,0
3.	Штраус F <sub>1</sub>	226,1	135,8	153,3	171,7
4.	Шуберт F <sub>1</sub>	170,0	91,7	107,2	122,9
Короткоплодные					
5.	Обильный St	477,0	279,0	336,6	364,2
6.	Родничок	175,2	107,0	140,8	141,0
7.	Пальчик	122,8	79,3	98,4	100,2
8.	Герман F <sub>1</sub>	105,5	64,3	81,7	83,8
9.	Маша F <sub>1</sub>	90,0	58,0	74,6	74,2
10.	Аякс F <sub>1</sub>	97,3	63,4	80,4	80,4
11.	Изящный	147,3	92,8	120,4	120,2
12.	Резастр	234,0	144,6	183,4	187,3
13.	Кустовой	211,2	130,2	155,1	165,5
14.	Бетховен F <sub>1</sub>	171,5	104,8	128,9	135,1
15.	Моцарт F <sub>1</sub>	168,4	121,3	173,0	154,2
16.	Рихтер F <sub>1</sub>	200,9	130,6	153,0	161,5
17.	Сальери F <sub>1</sub>	160,7	102,9	148,3	137,3
18.	Шопен F <sub>1</sub>	134,4	85,4	106,0	108,6
19.	Прокофьев F <sub>1</sub>	159,7	102,3	137,4	133,1
20.	Музыкальные пальчики F <sub>1</sub>	413,0	237,4	301,8	317,4
21.	Куколка F <sub>1</sub>	265,9	173,1	214,4	217,8
22.	Русский стиль F <sub>1</sub>	191,5	121,3	158,8	157,2
23.	Моя симпатия F <sub>1</sub>	133,4	87,9	109,3	110,2
24.	Мадмуазель F <sub>1</sub>	513,4	291,7	382,4	395,9

Более экономно в 2014 году расходовали водные ресурсы длинноплодные гибрид Шуберт F<sub>1</sub> – 170,0 м<sup>3</sup>/т и короткоплодные Маша F<sub>1</sub> – 90,0 и Аякс F<sub>1</sub> – 97,3 м<sup>3</sup>/т. У остальных сортообразцов коэффициент водопотребления варьировал от 105,5 до 513,4 м<sup>3</sup>/т. Наибольшим он был у стандартного длинноплодного сорта Феникс – 310,6 и короткоплодных гибридов Мадмуазель F<sub>1</sub> – 513,4 м<sup>3</sup>/т, Музыкальные пальчики – 413,0 и сорта Обильный St – 477,0 м<sup>3</sup>/т.

В 2015 году коэффициент водопотребления снизился по всем сортообразцам из-за увеличения товарного урожая. Так, среди длинноплодных сортообразцов коэффициент варьировал от 91,7 до 140,0 м<sup>3</sup>/т, а у стандартного сорта Феникс составлял 200,2 м<sup>3</sup>/т. Среди сортообразцов коллекции короткоплодных огурцов выделился гибрид Маша F<sub>1</sub> – 58,0 м<sup>3</sup>/т, а также гибриды Аякс F<sub>1</sub> – 63,4; Герман F<sub>1</sub> – 64,3 м<sup>3</sup>/т и сорт Пальчик – 79,3 м<sup>3</sup>/т. У остальных коэффициент колебался от 85,4 до 173,1 м<sup>3</sup>/т, а максимальным был у гибрида Музыкальные пальчики F<sub>1</sub> – 237,4 м<sup>3</sup>/т, что значительно ниже, чем в предыдущем году.

В 2016 году товарность урожая несколько снизилась, и соответственно возрос коэффициент водопотребления. Наименьшим он в этом году был у тех же сортов и гибридов, что и в 2015 году, а максимальным также у гибрида Музыкальные пальчики F<sub>1</sub> – 301,8 м<sup>3</sup>/т. В среднем коэффициент водопотребления варьировал у длинноплодных огурцов от 107,2 до 265,0 м<sup>3</sup>/т, у короткоплодных от 74,6 до 336,6 м<sup>3</sup>/т.

Из таблицы видно, что в среднем за годы изучения наиболее экономно и рационально расходовали воду из коллекции длинноплодных огурцов гибрид Шуберт F<sub>1</sub> – 122,9 м<sup>3</sup>/т, из коллекции короткоплодных гибридов Маша F<sub>1</sub> – 74,2 м<sup>3</sup>/т. Наибольший расход воды на тонну урожая был у длинноплодного сорта Феникс St – 258,6 м<sup>3</sup>/т и короткоплодных гибридов Мадмуазель F<sub>1</sub> – 395,9 м<sup>3</sup>/т и Музыкальные пальчики F<sub>1</sub> – 317,4 м<sup>3</sup>/т, при 364,2 м<sup>3</sup>/т у стандартного сорта Обильный. У остальных сортообразцов коэффициент водопотребления варьировал от 171,7 до 174,0 м<sup>3</sup>/т у коллекции длинноплодных огурцов, от 80,4 до 217,8 м<sup>3</sup>/т у коллекции короткоплодных огурцов.

Таким образом, в наших опытах в условиях светло-каштановых почв при капельном способе полива наиболее экономно и эффективно расходовали воду длинноплодный гибрид Шуберт F<sub>1</sub> и короткоплодные Маша F<sub>1</sub>, Аякс F<sub>1</sub>, Герман F<sub>1</sub>.

#### **Список использованных источников**

1. Дубенок, Н.Н. Роль внешних факторов в интенсификации ассимиляционного и продукционного процессов при капельном орошении огурца/Н.Н. Дубенок, Р.В. Калиниченко // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. -№5. -2010 -С.20-23.
2. Коринец, В.В. Астраханская технология возделывания огурца (Рекомендации) / В.В. Коринец, В.Н. Бочаров, Г.Ф. Соколова, Д.В. Кравцова и др. – Астрахань, 2006. – 32 с.
3. Кравцова, Д.В. Изучение различных сортообразцов огурца в условиях Астраханской области / Д.В. Кравцова, В.Н. Бочаров, Г.Ф. Соколова, Н.Н. Киселева //Опыт, проблемы перспективы Функционирования агропромышленного комплекса. Астрахань. 2006. -С. 52-53.
4. Григоров, С.М. Орошение сельскохозяйственных культур в Волгоградской области / С.М. Григоров // Земледелие. 2005.- № 1.- С. 22-23.
5. Туманян, А.Ф. Агроэкологическое изучение коллекции огурцов в условиях аридной зоны северо-западного Прикаспия / А.Ф. Туманян, А.Н. Бондаренко, Е.Г. Мягкова, Силла Кади // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. -2016. -№1(26). –С. 23-27.

## **О ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ОРОШЕНИИ ПОДВЕРЖЕННЫХ ЗАСОЛЕНИЮ ЗЕМЕЛЬ УЗБЕКИСТАНА**

**Ю.И. Широкова, Г.К. Палуашова, Ф.Ф. Садиев**  
НИИИВП при ТИИМСХ, г. Ташкент, Узбекистан

В водохозяйственной политике Узбекистана водосбережение на сегодня является одним из самых важных направлений. Это связано с периодически повторяющимися маловодьями, с трансграничностью основных рек - главных источников воды для орошения, так и с возможными климатическими изменениями.

Полив по бороздам не является самым эффективным по многим параметрам и требует определённых условий, однако, в таких специфических условиях как засоление, тяжёлый мехсостав почвы, оно эффективно и трудно заменимо.

В равнинной части орошаемых земель Узбекистана применение прогрессивных технологий орошения (таких как капельное, либо дождевание) сложно, поскольку частично водопотребление растений покрывается из близкорасположенных минерализованных грунтовых вод, и, как следствие, наиболее интенсивно происходит сезонное засоление почв. В связи с этим улучшение полива по бороздам является почти безальтернативным решением экономии оросительной воды.

На малоуклонных землях (или при почти нулевых уклонах местности) при плохой выровненности поля, длинных бороздах и при отсутствии удовлетворительного водоотведения, применение технологии полива по бороздам сопровождается большими потерями воды на поле, что приводит к сезонному засолению фермерских полей и к большим потерям урожая ведущей культуры хлопчатника.

Равномерность увлажнения поля по длине борозды, является фактором предотвращения засоления почв в конце поля (там, где обычно бывает недолив) и позволяет сохранить урожай: снизить потери урожая от недостатка воды и избытка соли в почве.

По данным исследований НИИИВП при бороздковом поливе существует ряд приёмов и технологий, улучшающих его эффективность (применение сифонов, поливных трубок, поливных шлангов, лотков, машин и др.) [4]. В качестве сезонных мероприятий по регулированию солевого режима хлопкового поля в вегетацию на малоуклонных землях является улучшенная (лучше лазерная) планировка поливных участков, совершенствование технологии поверхностного полива, применение дискретного и встречного полива.

Исходя из материалов исследований Н. Т. Лактаева [1], в равнинной части Узбекистана (Бухарской, Хорезмской областях и Каракалпакии) земли, имеющие малые уклоны, составляют 89 до 100%. Исходя из данной информации, проблема технологии полива, приспособленной к малым уклонам, особенно

при сильной проницаемости земель, требует быстрой форсированной и достаточно равномерной подачи воды на полив растений (рис. 1).

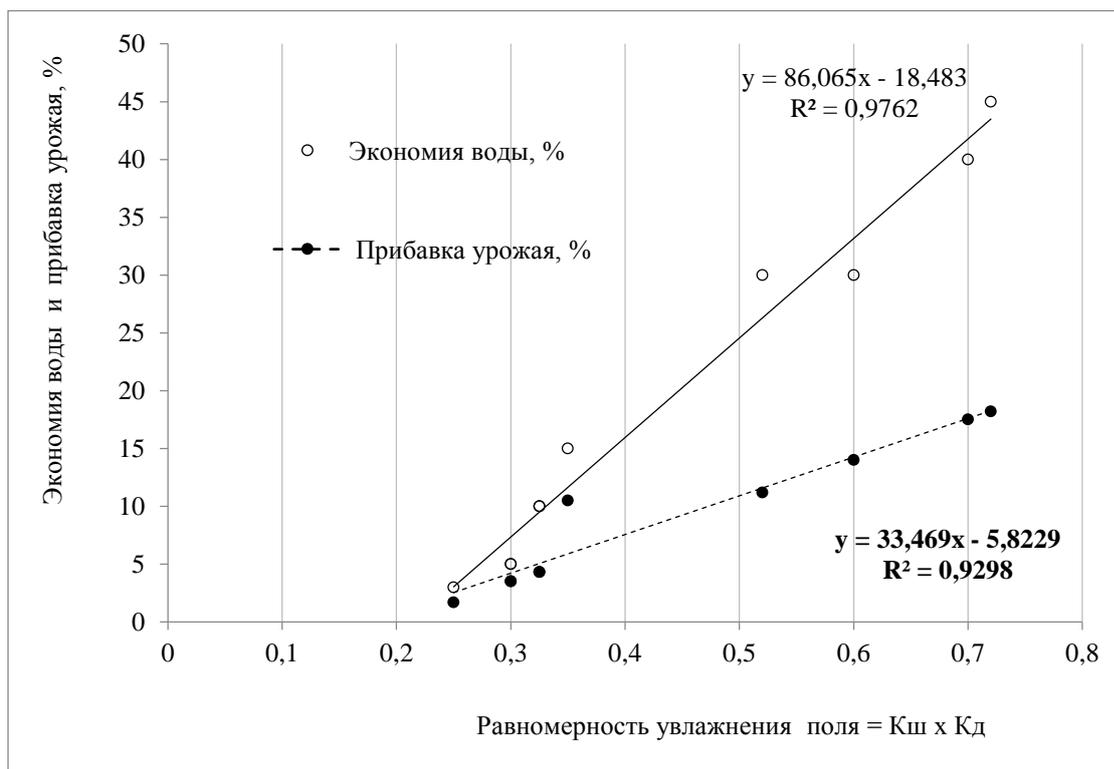


Рисунок 1 - Связь экономии воды и прибавки урожая холопка с коэффициентом равномерности увлажнения поля (построено по данным [3])

Эффективность встречного полива (и проверка применимости полива через борозду) на засоленных землях были установлены Г.К. Палуашовой опытным путем, были также подготовлены рекомендации по водосбережению при поливе по бороздам.

Изученная технология «встречный полив», позволяет повысить удельные затраты воды на единицу продукции и снизить сезонную аккумуляцию солей в почве, поэтому данная технология орошения рекомендуется к применению фермерами. Поливы через борозду и использование коллекторно-дренажных вод рекомендованы в качестве мер для сохранения урожая в маловодные годы.

Принцип технологии встречного полива состоит в быстрой (форсированной) подаче поливной воды (расходом в каждую борозду до 3 л/с) с двух сторон поля, специально выровненного под нулевой уклон. Для подачи воды используют специально подготовленные однобортные оросители, располагаемые с двух сторон поля. В зависимости от расхода воды в подводящем канале полив осуществляют тактами по участкам встречных борозд.

Основным результатом, достигнутым при применении технологии «встречный полив», является: выравнивание солевого фона и, соответственно,

рост урожая хлопчатника. За вегетацию в среднем по участку варианта, сезонное засоление в зоне аэрации отмечено как на варианте встречного (1,0-2,4 dS/m), так и обычного (5 - 5,2 dS/m) поливов. Однако за счет более равномерного распределения воды по полю при поливах, встречный полив позволяет снизить сезонное засоление в зоне аэрации на 3-4dS/m, что позволит экономить воду при промывках земель.

В результате обеспечения более благоприятных для растений хлопчатника условий на участке встречного полива в течение 2-х лет получены урожаи на 7-8 ц/га выше, чем на участке обычного полива. Удельные затраты воды на единицу урожая (в условиях близко расположенных грунтовых вод) составили: 63 - 97 м<sup>3</sup>/ц на встречном поливе, а на обычном: 101 - 176 м<sup>3</sup>/ц.

При проливе через борозду (в сравнении с поливом в каждую борозду) в опытах, проведенных в Хорезмской области, получены следующие результаты:

- Экономия оросительной воды в вегетацию 1153,5 м<sup>3</sup>/га (33,5 %);
- Урожай хлопчатника меньше на 1,3 ц/га;
- Удельные затраты воды на единицу продукции, меньше на 32 м<sup>3</sup>/ц (31%);
- Прирост засоления почвы от весны к осени (по ЕСе), почти не отличается от прироста на контроле.

Для устойчивого сельского хозяйства при дефицитах водных ресурсов и в условиях орошения засоленных почв необходимы информированность и адаптация фермеров к экономному использованию воды, в том числе путем демонстрации и внедрения водосбережения при орошении. Это может быть реализовано путем проведения для фермеров отдельных ассоциаций водопотребителей (АВП) демонстрационных семинаров по применению водосберегающих технологий полива с соблюдением научно обоснованных элементов техники полива и другие методы пропаганды.

#### **Список использованных источников**

1. Лактаев Н.Т. Полив Хлопчатника М. Колос 1978, с.155.
2. Палуашова Г.К. Эффективность встречного полива хлопчатника по бороздам в условиях Хорезма. // Ж. Агроилм. № 1(29), 2014 г. С. 12-13.
3. Севрюгин В.К., Морозов А.Н. Анализ влияния равномерности полива и природно-климатических условий на урожайность хлопчатника. / Экономический вестник Узбекистана. № 6, 2000, с.17-19.
4. Широкова Ю.И., Палуашова Г.К. Водосбережение на поле-анализ возможностей. // Доклады II-ой Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства» 24 июня 2016 г., Тараз. С. 479-484.

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ**

УДК 631.6

## **РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА ПО ЗАТРАТАМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ**

<sup>1</sup>Адилбектеги Г.А., <sup>2</sup>Мустафаев Ж.С., <sup>2</sup>Козыкеева А.Т.

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

На основе системного анализа методов регулирования водного, солевого, теплового и пищевого режимов почв, как основы почвообразовательного процесса и обеспечения потребностей интенсивного земледелия в различных агроклиматических зонах Казахстана, Ж.С. Мустафаевым и С.С. Садыковым [1] предложена имитационная модель почвообразовательного процесса, опирающаяся на учении Докучаева - Вильямса - Костякова о генезисе и мелиорации почв, как особого природного тела и Докучаева – Григорьева – Будыко о законе эволюции и географической зональности почв [2; 3; 4; 5; 6; 7]. При разработке имитационной модели почвообразовательного процесса особое место занимало учение об эволюции почв, рассматривающее почву в динамике и развитии. При этом она базировалась на положении П.С. Коссовича о том, что всякое почвенное образование данного времени отражает всю прошлую историю [7].

Для оценки направленности почвообразовательного процесса на мелиорированных землях Ж.С. Мустафаевым [8], И.П. Айдаровым [9] использован радиационный индекс сухости ( $\bar{R}$ ), так как он для конкретных ландшафтных территорий, приуроченных к определенной географической зоне, относительно постоянный и с ним связан почвообразовательный процесс и особенности формирования почвенного покрова. Этот показатель, характеризующий баланс энергии и в должной мере определяющий интенсивность и направленность протекания биохимических и геохимических процессов на Земле, может быть использован при обосновании направленности и интенсивности почвообразовательного процесса.

Таким образом, направление природного и в том числе почвообразовательного процесса, а, следовательно, характер образующейся почвы, или точнее, свойства и состав ряда почв в географических зонах сменяющих одна другую в процессе эволюции в пространственно-временных масштабах, определяется в основном соотношением тепла и влаги, то есть гидротермическим режимом ландшафта ( $\bar{R}$ ).

Энергия, затрачиваемая на почвообразование, определяется по формуле В.Р. Волобуева [10]:

$$Q_i = R \cdot \exp(-\alpha_o \cdot \bar{R}),$$

где:  $Q_i$  - энергия, затрачиваемая на почвообразование, кДж/см<sup>2</sup>;  $\alpha_o$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы.

Результаты прогнозирования затрат солнечной энергии на почвообразование в природных системах Северного Казахстана, выполненные по материалам 23 метеорологических станций, расположенных на территории северных областей, приведены в таблице.

Таблица - Прогнозирование затрат солнечной энергии на почвообразование в природных системах Северного Казахстана

Область	Метеостанции	Абсолютная высота (H), м	Радиационный баланс (R), кДж/см <sup>2</sup>	Затраты солнечной энергии на почвообразование ( $Q_i$ ), кДж/см <sup>2</sup>
Акмолинская	Есиль	219	139.1	69.1
	Атбасар	303	133.4	67.6
	Еремень-тау	397	132.6	71.3
	Астана	347	134.3	72.2
	Кокшетау	228	132.5	67.1
	Щучинск	398	126.2	67.9
Костанайская	Костанай	169	136.4	68.4
	Тобол	207	136.9	73.6
	Жетыгара	247	134.8	64.9
	Аркалык	343	142.8	69.5
	Тургай	124	160.4	55.0
Павлодарская	Иртышск	93	134.0	66.5
	Успенка	112	135.9	63.6
	Шербакты	148	137.0	61.6
	Павлодар	144	140.6	66.4
	Чалдай	162	136.7	73.5
	Екибастуз	197	141.4	64.1
	Чидерты	240	135.7	68.7
	Баян-аул	494	138.1	70.8
Северо-Казахстанская	Рузаевка	226	132.5	70.6
	Булаево	132	126.1	60.4
	Петропавловск	134	127.2	60.7
	Явленка	114	129.9	60.7

На основе информационно-аналитических данных, приведенных в таблице, охватывающих 23 метеорологические станции, расположенные на территории Северного Казахстана, разработана шкала эффективности затрат солнечной энергии на почвообразовательный процесс в природных системах. Представленное природное районирование территории Северного Казахстана позволяет выявить закономерности пространственного распределения климатических элементов и других физико-географических факторов и учитывать их при раскрытии особенностей изменения и восстанавливаемости природных комплексов в условиях конструирования агроландшафтных систем.

Таким образом, территория Северного Казахстана по затратам солнечной энергии на почвообразование во всем регионе по шкале эффективности затрат солнечной энергии на почвообразовательный процесс в природных системах ( $Q_i$ ) относится к зоне повышенной и высокой степени использования солнечной энергии на почвообразовательный процесс, что необходимо учитывать при конструировании агроландшафтных систем.

#### **Список использованных источников**

1. Мустафаев Ж.С., Садыков С.С. Гидротермический режим орошаемых земель (Аналитический обзор). - Жамбыл, 1996. - 76 с.
2. Вильямс В.Р. Основы земледелия. - М.: Сельхозгиз, 1939. - 356 с.
3. Костяков А.Н. Основы мелиорации. - М.: Сельхозгиз, 1951. - 652 с.
4. Будыко М.И. Глобальная экология. - М.: Мысль, 1977. - 327 с.
5. Докучаев В.В. Избранные труды. Под редакцией акад. Б.Б. Полынова. - М.: Изд-во АН СССР, 1949. - 643 с.
6. Григорьев А.А. Закономерности строения и развития географической среды. - М., 1966. - 342 с.
7. Ковда В.А. Основы учения о почвах. - М.: Наука, 1973. - Т. 1. - 448 с; Т. 2. - 468 с.
8. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане. - Алматы: Гылым, 1997. - 358 с.
9. Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режима орошаемых земель. - М.: Агропромиздат, 1985. - 304 с.
10. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. - М., Наука, 1974. - 120 с.

УДК 631.6

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ НИГЕРИЯ**

**А.И. Беленков, У.М. Сабо**

РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Полевой опыт проводился на опытном поле в пригороде Gwallagwa ауака штат Ваучи республика Нигерия. Баучи - сельскохозяйственный штат, где в основном практикуется орошаемое земледелие с использованием поверхностных способов полива [1, 2, 3]. Объектом исследований является яровая пшеница сорта Atilla Gan Atilla народной селекции республики. Начало исследований датируется концом 2012 - началом 2013 гг. Схема полевого опыта в республике

Нигерия включает два варианта обработки почвы под яровую пшеницу: отвальную и нулевую; три способа посева культуры: пунктирный, разбросной и рядовой; пять вариантов внесения различных доз птичьего помета: контроль (без удобрения), 2,5; 5,0; 7,5; и 10 т/га. Размещение делянок систематическое. Опыт выполнялся в условиях орошения открытым способом полива по полосам. В случае первого варианта обработки почвы (отвального) помет запахи-вался, второго (нулевого) - оставался на поверхности почвы и растворялся в воде при поливе [4, 5]. Тип почвы – краснозем легкосуглинистый, мощность пахотного слоя 25-30 см, содержание гумуса 2,0-2,2%, содержание легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия в мг/кг почвы: 20-30, 60,2-62,3, и 30-33 соответственно.

Густота стояния растений яровой пшеницы практически не отличалась по вариантам опыта и составляла в среднем 320-325 шт./м<sup>2</sup>. Это свидетельствует о том, что прием обработки почвы, способ посева и вносимый птичий помет не оказывали значительного влияния на конструкцию посевов, формирование растительных сообществ яровой пшеницы. При этом прослеживается тенденция большего числа растений при пунктирном посеве, однако разница составляет 2-3 шт./м<sup>2</sup>, что не могло в значительной степени повлиять на урожайность культуры.

Важной характеристикой, влияющей на повышение почвенного плодородия, является накопление корневых остатков. Наибольшая масса корней формировалась при внесении 10,0 т/га птичьего помета, как при отвальной, так и нулевой обработки почвы. Установлены достоверные различия между отдельными вариантами внесения удобрений и обработкой почвы, которые по абсолютному значению превышают величину НСР.

Показателями, обуславливающими микробиологический режим почвы, являются биологическая активность и токсичность. Следует подчеркнуть тенденцию превышения биологической активности при отвальной обработке по сравнению с необработанными делянками. При увеличении доз вносимого птичьего помета отмечалось увеличение активности и снижение токсичности, что указывает на положительную реакцию микроорганизмов на обогащение почвы органическим веществом. В таблице представлена урожайность культуры за 2 года.

Анализ урожайности яровой пшеницы, возделываемой на красноземах Нигерии, выявил преимущество более благоприятного по гидротермическим условиям 2014 г. Среди изучаемых вариантов в среднем за 2 года наибольшей урожайностью характеризовался прямой посев пунктирным способом и внесением 10 т/га помета. Различия урожайности яровой пшеницы между вариантом с максимальной дозой внесения удобрения и контролем составляла 1,5 т/га. При оценке влияния способов посева установлено, что в среднем за 2 года при пунктирном способе урожайность отклонялась в большую сторону от рядового посева по вспашке на 0,1 т/га, от разбросного на 0,21 т/га. При нулевой обработке различия соответственно равнялись 0,17 и 0,30 т/га. Разница составляла

0,2 т/га в пользу прямого посева. При сравнении влияния удобрения выявлено преимущество варианта с 10 т/га помета, причем разница статистически доказана.

Таблица - Урожайность яровой пшеницы, т/га

Обработка почвы	Способ посева	Норма внесения птичьего помета, т/га	Урожайность по годам, т/га		
			2013	2014	Среднее
отвальная	пунктирный	контроль	1,32	1,58	1,45
		2,5	2,63	2,75	2,69
		5,0	3,11	3,23	3,17
		7,5	3,40	3,66	3,53
		10,0	3,80	3,96	3,88
	разбросной	контроль	1,22	1,35	1,28
		2,5	2,58	2,77	2,68
		5,0	2,74	2,91	2,85
		7,5	3,10	3,42	3,26
		10,0	3,51	3,89	3,70
	рядовой	контроль	1,28	1,42	1,35
		2,5	2,52	2,66	2,59
		5,0	2,81	2,92	2,87
		7,5	3,20	3,56	3,38
		10,0	3,61	3,80	3,70
нулевая	пунктирный	контроль	1,51	1,57	1,54
		2,5	3,30	3,19	3,25
		5,0	3,48	3,25	3,37
		7,5	3,73	3,68	3,70
		10,0	3,94	4,12	4,05
	разбросной	контроль	1,44	1,53	1,49
		2,5	2,55	2,90	2,73
		5,0	3,01	3,22	3,11
		7,5	3,40	3,50	3,45
		10,0	3,58	3,78	3,68
	рядовой	контроль	1,45	1,54	1,50
		2,5	2,95	2,92	2,94
		5,0	3,07	3,09	3,08
		7,5	3,65	3,71	3,68
		10,0	3,78	3,90	3,84
НСР <sub>05</sub> (обработка)			0,19	0,21	-
НСР <sub>05</sub> (способ посева)			0,15	0,18	-
НСР (норма удобрения)			0,12	0,23	-

Таким образом, на орошаемой красноземной почве республики Нигерия при посеве яровой пшеницы рекомендуется применять нулевую обработку почвы, пунк-

тирный способ посева пшеницы, внесение 5-7,5 т/га птичьего помета с поливной водой.

#### **Список использованных источников**

1. Беленков, А.И. Сравнительная оценка эффективности технологий возделывания яровой пшеницы в орошаемых условиях Республики Нигерия / А.И. Беленков, У.М. Сабо // АгроЭкоИнфо. -2015. –№1 – Режим доступа: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/1/st-03.doc>.
2. Плескачев, Ю.Н. Основная обработка почвы, способы посева и удобрение яровой пшеницы птичьим пометом в условиях республики Нигерия / Ю.Н. Плескачев, А.И. Беленков, У.М. Сабо // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2016.- №4 (44). С. 83-90.
3. Беленков, А.И. Технология возделывания яровой пшеницы в полевом опыте штата Баучи республики Нигерия / А.И. Беленков, У.М. Сабо // Аграрная наука, образование, производство: актуальные вопросы. – Новосибирск: изд-во НГАУ, 2014. – С. 144-147.
4. Беленков, А.И. Совершенствование технологии возделывания яровой пшеницы в условиях орошения республики Нигерия / А.И. Беленков, У.М. Сабо // Комплексные мелиорации – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Мат. юб. межд. конф.– М.: Изд-во ВНИИА, 2014.– С. 13-18.
5. Беленков, А.И. Совершенствование возделывания яровой пшеницы в Республике Нигерия / А.И. Беленков, У.М. Сабо // Проблемы рационального использования природохозяйственных комплексов засушливых территорий. Сборник научных трудов / ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», - Волгоград : ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2015. С. 179-182.

УДК 631.6

## **ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В АРИДНОЙ ЗОНЕ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

<sup>1</sup>А.И. Беленков, <sup>2</sup>В.П. Шачнев, <sup>2</sup>Н.Ю. Черненко

<sup>1</sup>РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup> ГБПОУ «Палласовский сельскохозяйственный техникум», г. Палласовка, Россия

Вода - основа жизни на земле. Острая нехватка пресной воды ощущается сегодня практически по всей территории нашей планеты, воду необходимо беречь и расходовать её очень экономно. Именно для этих целей и были изобретены системы капельного полива, позволяющие поддерживать необходимую влажность почвы при расходовании минимального количества воды [3, 4, 6, 7].

В Волгоградской области в основном все районы Заволжья имеют сельскохозяйственную специализацию, хотя по природно-сельскохозяйственному районированию относятся к сухостепной зоне Заволжской провинции, выше среднего обеспеченной теплом, очень засушливой, с пониженной биологической продуктивностью, поэтому на территории левобережья распространено богарное земледелие или созданы оросительные системы [1, 2, 5].

Целью данного исследования стало изучение и обоснование эффективности возделывания овощных культур при капельном орошении в аридной зоне

Волгоградского Заволжья. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- изучить техническую и нормативную литературу;
- изучить влияние капельного орошения на динамику плодородия и урожайность овощных культур;
- изучить возможность применения капельного орошения в овощном севообороте светло-каштановых почв в Палласовском районе;
- дать агротехническую оценку использования технологии капельного орошения при возделывании овощных культур в Палласовском районе Волгоградской области.

Объектом исследования является система капельного полива (система орошения) в учебном хозяйстве ГБПОУ «Палласовский сельскохозяйственный техникум».

Предметом исследования являются овощные культуры, выращенные в условиях применения капельной системы полива в учебном хозяйстве ГБПОУ «Палласовский сельскохозяйственный техникум».

Площадь плантации при высадке овощных культур была распределена следующим образом: - томаты: сорт «Лоджейн 1» - 0,7 га, сорт «Рио Гранде» - 0,4 га, сорт «Калиста» - 0,3 га; перец болгарский: сорт «Антей» - 1,6 га; баклажаны: сорт «Алмаз» - 0,4 га, сорт «Черный красавец» - 0,3 га.

Отфильтрованную с помощью фильтростанции воду доставляли через подкормочный узел к поливному участку с помощью магистрального трубопровода из полимерных материалов. Диаметр магистрального трубопровода составлял 100 мм. Капельные линии из полимерных трубок диаметра 16 мм с встроенными в них эмиттерами (капельницами) располагались с обеих сторон от магистрального трубопровода перпендикулярно длине плантации.

Рассаду в открытый грунт высаживали, когда миновала опасность возврата весенних заморозков, в период с 1 по 9 мая, первый полив проводили одновременно с высадкой растений, для лучшей приживаемости рассады через 5-6 дней после посадки осуществляли новый полив нормой 300-400 м<sup>3</sup>/га. В дальнейшем вегетационные поливы нормой 400-600 м<sup>3</sup>/га начинали в период массового цветения и продолжали до конца сбора урожая, поддерживая влажность 0-60 см слоя почвы не менее 75-80% НВ. Сроки полива определяли по фазам развития растений и влагозапасам почвы.

Перец и баклажаны более влаголюбивы, чем томат. Высокую требовательность к влажности почвы они предъявляют при высадке рассады, так как их корневая система отличается слабым развитием придаточных корней и медленным привыканием после пересадки. Поэтому первый полив давали одновременно с высадкой рассады, второй - через 3-4 дня после первого. Норма полива составляла 300-350 м<sup>3</sup>/га. В дальнейшем до начала массового цветения выдерживали умеренный режим влажности почвы. С наступлением массового цветения поливы проводили регулярно через 7-10 дней до конца вегетационного периода нормой 400-500 м<sup>3</sup>/га. Всего за вегетационный период перец и баклажаны

поливали 8-10 раз или 10-14 раз. Подготовка почвы и уход за растениями такие же, как и для томатов.

Сравнительный анализ полученной урожайности овощных культур на плантации учебного хозяйства при арычном и капельном орошении приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнительная урожайность овощных культур при арычном и капельном орошении за 2013-2016 гг.

Наименование культуры	Сорт	Занимаемая площадь, га	Урожайность, при арычном орошении, т/га (2013 г.)	Урожайность, при капельном орошении, т/га (2014-2016 гг.)
Томат	Лоджейн f1	0,7 га	32,5	64,7
	Рио Гранде	0,4 га	30,1	62,6
	Калиста	0,3 га	34,0	69,8
Перец болгарский	Антей	1,6 га	23,3	58,4
Баклажан	Алмаз	0,4 га	17,2	33,5
	Черный красавец	0,3 га	18,6	34,7

Средняя урожайность томатов составила 65,7 т/га при капельном орошении и 28,6 т/га при арычном орошении. Товарность плодов в пределах 80-90%.

#### **Выводы**

Основными преимуществами использования технологии капельного орошения при возделывании овощных культур по сравнению с обычными способами полива являются:

- 1) Повышение урожайности в 2-3 раза;
- 2) Экономия воды по сравнению с дождеванием на 50-60%;
- 3) Снижение производственных и трудовых затрат на орошение 1 га на 300-400%;
- 4) Предотвращение загрязнения грунтовых вод;
- 5) Сокращение объемов средств защиты растений, поскольку существенно уменьшается количество сорняков (земля между рядами остается сухой) и поражение болезнями (по сравнению с традиционными системами орошения, при которых смачивается поверхность листьев);
- 6) Исключение влияния ветра на процесс орошения;

Сравнительный анализ товарного урожая овощей по опыту хозяйств России показывает, что урожайность томатов при использовании традиционных методов полива составляет до 30 тонн с гектара, а при использовании технологии капельного орошения - от 100 до 150 тонн с гектара. Эти данные подтверждаются и теми результатами, которые были получены на овощной плантации учебного хозяйства ГБПОУ «Палласовский сельскохозяйственный техникум».

#### Список использованных источников

1. Агроклиматический справочник по Волгоградской области. - Л.: Гидрометеиздат, 1967.- 143 с.
2. Бальбеков, Р. А. Новая система капельного орошения // Р. А. Бальбеков, В. В. Бородычев, А. М, Салдаев, А. В. Дементьев, Ю. В. Кузнецов / Мелиорация и водное хозяйство. - 2003. - № 4. - С. 6-9.
3. Ванеян, С. С. Орошение овощных культур // Картофель и овощи. - 2001. - № 3. - С. 29-30.
4. Дубенок, Н. Н. Экологические аспекты создания мелиоративной системы нового поколения / Проблемы научного обеспечения экономической эффективности орошаемого земледелия в рыночных условиях: Сб. докл. межд. науч.-практ. конф.- Волгоград: Изд. ВГСХА, 2001. -С. 96-97.
5. Ионова, З. М. Основные достижения в применении капельного орошения. – М., 1985. - С. 7-8.
6. Нестерова, Г. С. Капельное орошение. — М.: ВНИИТЭИСХ, 1973. - С. 38-50. Яков Л. Капельное орошение // Л. Яков. - Шфаим, - 2003. С. 2-5.

УДК 504-11-79

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ЯУЗА В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

<sup>1</sup>Глазунова И.В., <sup>2,3</sup>Воронина К.П.

<sup>1</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФБГОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>ГУП «Мосводосток», г. Москва, Россия

Река Яуза представляет экологическую и ландшафтно-рекреационную ценность. Речная система является частью природной среды города, выполняет градообразующие, инженерные и экологические функции, формирует ландшафтный облик города, осуществляет отвод поверхностного и дренажного стока. Все элементы бассейна реки в городе взаимосвязаны и участвуют в формировании водного баланса и качества воды. Ежегодно, в период последних 5 лет наблюдений по основным загрязняющим веществам (взвешенные вещества, нефтепродукты и др.) фиксируются превышения среднегодовых концентраций.

В целях выявления динамики многолетнего изменения качества воды в реке Яуза проанализированы наблюдения за последние 2,5 года. Отбор проб воды поведился по 4 ЭГТР (эксплуатационная гидротехнических районов) ежемесячно в по методике ГУП "Мосводосток" [1, 3]. Места отбора проб (п/о Митино, п/о Ичка, п/о Копытовка, п/о Хапиловка, п/о Золотой Рожок). Всего отбор проб проводится по 4 ЭГТР. В статье приведены результаты анализов воды для участка реки от сечения русла реки Яузы под мостом улицы Березовой аллеи до сечения русла Реки Яузы в промзоне завода «Красный Богатырь» (рис.1).

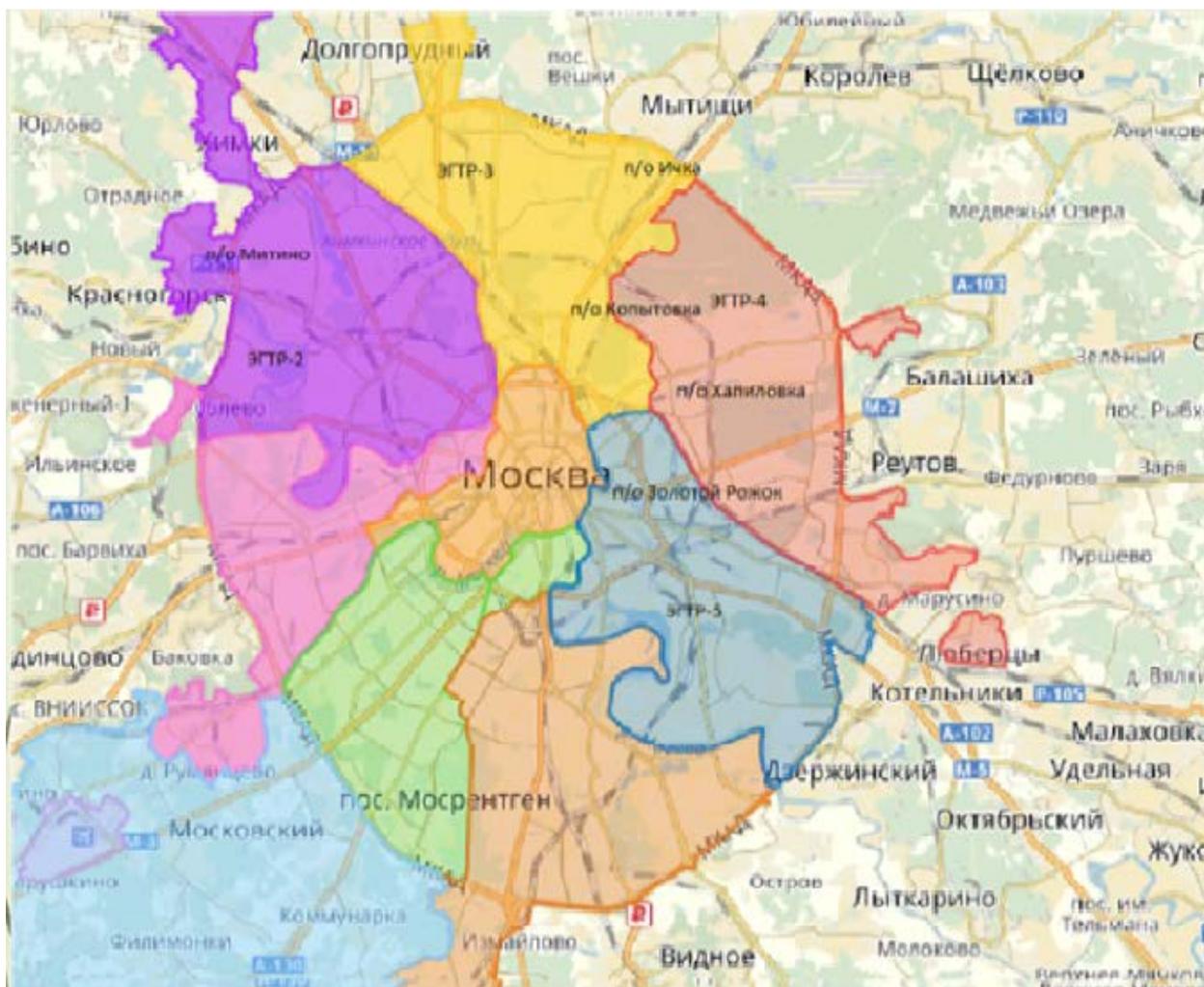


Рисунок 1 - Карта схема отбора проб

Анализ результатов наблюдения показал, что разовые максимальные превышения нормативов, установленных для водных объектов культурно-бытового назначения, в отдельных створах наблюдений зафиксированы по содержанию в реке: взвешенных веществ (13,5 ПДКк-б, (145 мг/л)), сухого остатка (1,01 ПДКк-б (1010 мг/л)), хлоридов (1,12 ПДКк-б(392 мг/л)), нефтепродуктов (8 ПДК к-б (2,4 мг/л)) и формальдегида (2,4 ПДКк-б (0,12 мг/л)), а также по БПК<sub>5</sub> (2,36 ПДКк-б (9,5 мгО<sub>2</sub>/л)) и ХПК (4 ПДКк-б (120 мгО/л)). Кроме того, прозрачность воды опускалась до значения в 3 см. Средние значения концентраций загрязняющих веществ в речной воде по месяцам года приведены на рисунке 2.

Анализ результатов показывает, что качество воды в реке Яуза не стабильно и значительно изменяется в течение года и практически во все месяцы года концентрации загрязняющих веществ превышают ПДК. В связи с этим был выполнен анализ эффективности водоохранных мероприятий в условиях антропогенной нагрузки для реки Яузы (рис. 2) с целью рекомендации необходимого объема водоохранных, восстановительных мероприятий для их практического применения. [2].

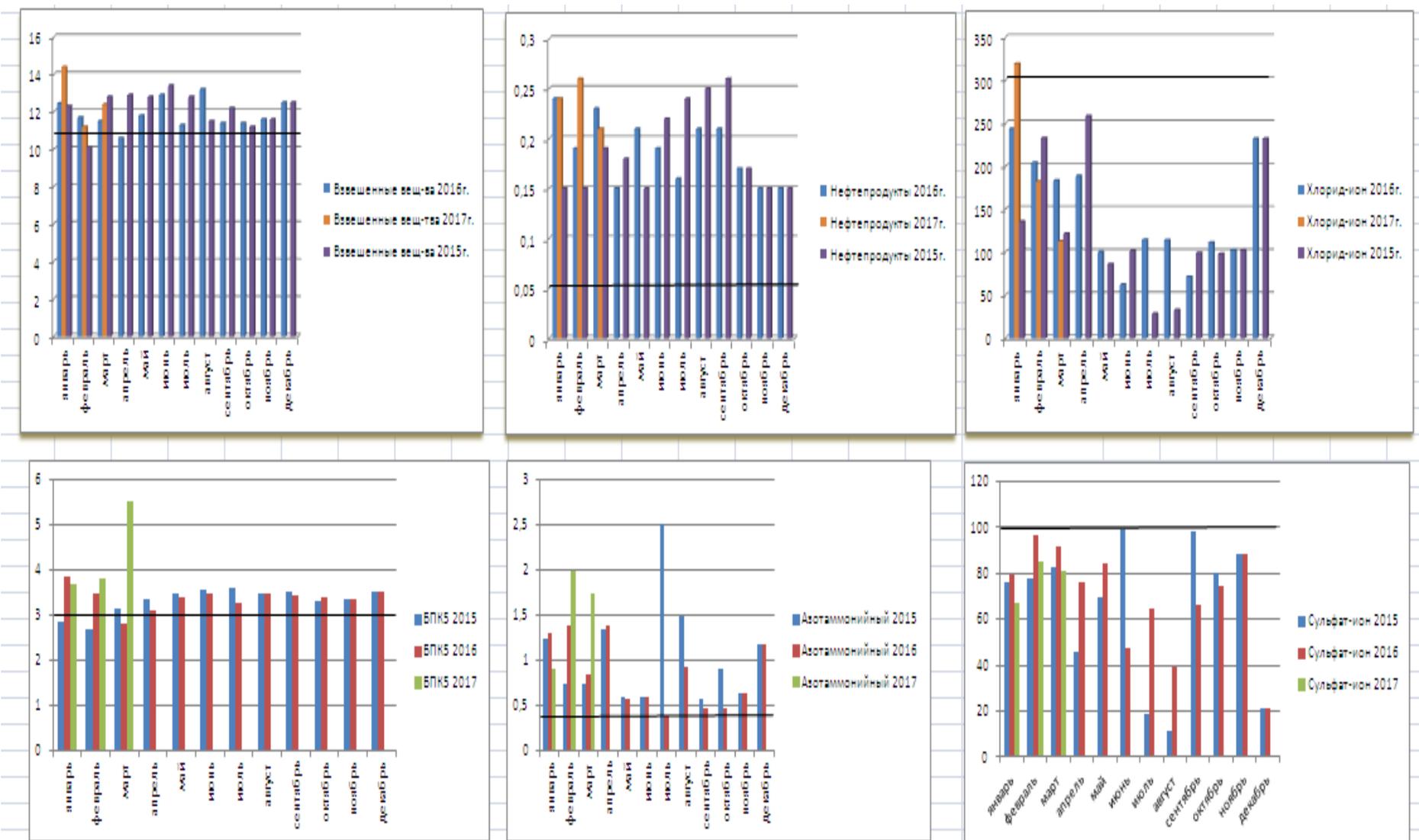


Рисунок 2 - Состояние качества воды в реке Юза без водоохраных мероприятий

Как видно из графика (рис. 3) максимальная эффективность проведенных мероприятий не превышает 63 %, что не позволяет снизить опасность загрязнения реки. Даны технологические рекомендации, позволяющие снизить загрязнение в водном объекте с указанием периодичности, объемов и используемого оборудования и материалов (табл. 1).

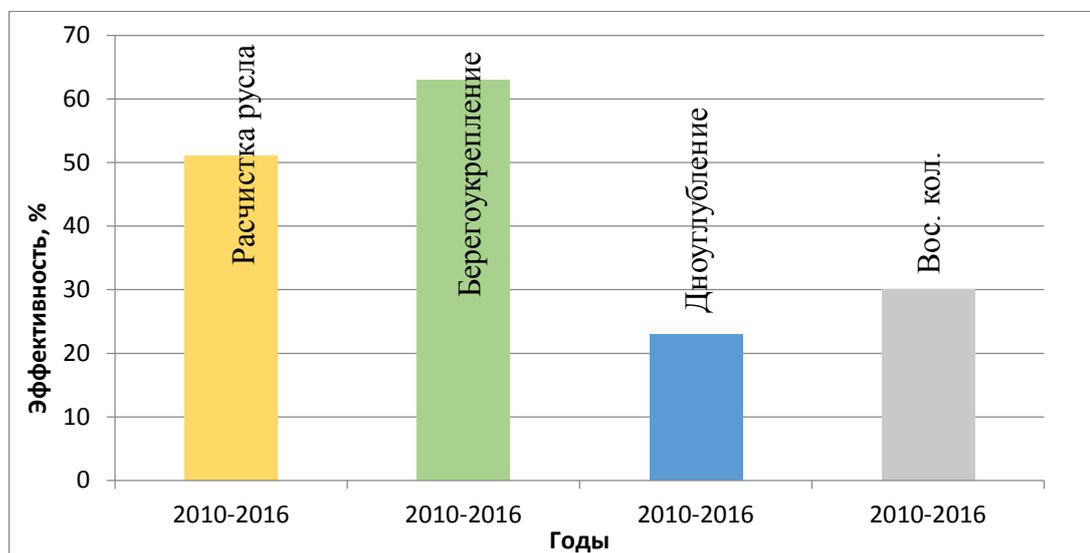


Рисунок 3 - Эффективность проведенных мероприятий

Таблица 1 - Рекомендуемые водоохранные мероприятия

Мероприятия	Стоимость, млн. руб	Объемы	Ед. изм.	Периодичность выполнения	Технология
Расчистка русла от крупноразмерного мусора, сухостоя, топляков, местных наносов с частичным берегоукреплением	94,5	7	км	1 раз в 2 года	Вручную санитарная вырубка и уборка погибших деревьев и кустарников, теплоход мусоросборщик.
Восстановление коллектора	424,3	19	шт	1 раз в 10 лет, или по мере разрушения коллектора	Грузовой транспорт, лебедка, вручную.
Берегоукрепление	16,2	7	км	ежегодно	Плав кран, катер
Дноуглубление	938,4	1270	тонн	ежегодно	Плав кран, катер, земснаряд
Изъятие ила из коллекторов с их восстановлением	424	2237,52	м <sup>3</sup>	1 раз в 15 лет, или по мере заиления	Каналоочистительные машины, илосос.

Используя данные рекомендации можно добиться снижения загрязнений по анализируемым показателям значений концентраций загрязняющих веществ ниже ПДК, кроме нефтепродуктов и азота аммонийного.

Таким образом, своевременные и качественно проведенные водоохранные мероприятия способствуют снижению загрязнений в реке до нормативов действующих ПДК. Требуется повышение эффективности проводимых водоохранных мероприятий, а также проведение исследований технологий по эксплуатации и восстановлению реки Яуза в условиях интенсивной антропогенной нагрузки.

#### **Список использованных источников**

1. Сборник «Первоочередные мероприятия по приведению в порядок и очистке русла р. Яузы от МКАД до ул. В. Пика», Том ГР1, Гидротехнические решения., Технологическая и конструктивная части., ГУП «Мосводосток», Москва 2003г.
2. Постановление Правительства Москвы от 11.09.2001 N 833-ПП / [Электронный ресурс]. <http://moscow-portal.info>.
3. Отчеты ГУП "Мосводосток" 2010-2016 гг.

УДК 631.6

### **К ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Д.В. Данчеев, А.В. Ильинский**

Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, пос. Солотча, Россия

Проблема избавления от огромного количества ранее накопленных и образующихся отходов урбанизированных территорий актуальна как для России, так и стран ближнего и дальнего зарубежья, поскольку на протяжении многих десятилетий количество твердых бытовых отходов (ТБО) неуклонно растет и достигает критических масштабов [5]. Накопление твердых бытовых отходов на неорганизованных свалках приводит к негативному влиянию на окружающую среду, например, содержание тяжелых металлов в почве при этом может в десятки раз превышать допустимые гигиенические нормативы [1].

В настоящее время в ряде стран успешно решаются задачи по переработке органических отходов урбанизированных территорий (ООУТ). Немаловажным фактором в этом вопросе послужила экономическая составляющая: так, захоронение 1 тонны пищевых отходов стоит 70-80 долларов США, это серьезные затраты, если учесть, что ежегодно город с населением в 1 миллион жителей «производит» около 100 тыс. т пищевых отходов. По данным североамериканского экологического центра Lower East Side Ecology Center [7] даже тщательно захороненные на полигонах отходы выделяют метан - потенциально опасный парниковый газ. Сжигание же твердых бытовых отходов на свалках также приводит к возникновению выбросов вредных веществ в атмосферу [6].

В мировой практике переработка отходов урбанизированных территорий осуществляется по трем основным направлениям: переработка ООУТ на высокотехнологичных предприятиях в биогаз, используемый в дальнейшем для выработки электроэнергии; термическое обезвреживание отходов - также требующее строительства крупных инновационных мусоросжигательных заводов; переработка ООУТ во вторичное сырье, в частности, использование в качестве источника органического вещества при решении вопросов озеленения парков и скверов, восстановления плодородия деградированных сельскохозяйственных земель. Основная цель, связанная с утилизацией отходов, заключается в снижении антропогенной нагрузки на окружающую среду и улучшении экологической ситуации.

Сейчас в России тоже активно разрабатываются проекты, направленные на улучшение экологической ситуации в области обращения с ТБО. Так, при участии ряда министерств, ведомств и исследовательских институтов в 2019 году намечена реализация программы «Чистая страна». Ключевая цель данного проекта заключается в уменьшении экологического ущерба, связанного с захоронением ТБО, снижении рисков, связанных с объектами накопленного вреда окружающей среде и снижении доли захоронений твердых коммунальных отходов. Проект предусматривает создание современных заводов по термическому обезвреживанию твердых отходов с частичной переработкой их во вторичное сырье, а также рассмотрение предложений от регионов по улучшению экологической ситуации.

В настоящее время в связи с интенсивным использованием в сельском хозяйстве земель и дефицитом внесения в них органических удобрений происходит утрата почвенного плодородия, и в первую очередь ухудшение структуры почв, уменьшение содержания в них гумуса и способности противостоять техногенному прессингу [2, 3]. Органическое вещество бытовых отходов служит ценнейшим энергетическим и питательным материалом для почвы и растений, что, с одной стороны, дает возможность полной переработки отходов с помощью микрофлоры почвы, а с другой – позволяет повысить урожайность за счет поступления в составе органического вещества дополнительного количества элементов питания, т.е. обеспечить агрономический эффект [4]. Поэтому, одним из перспективных вариантов переработки ТБО и, в частности, ООУТ является их использование в качестве субстрата для создания органических и органоминеральных удобрений.

Данное направление представляет особый интерес, поскольку, помимо решения экологических вопросов утилизации таких отходов, позволяет решать вопросы сохранения плодородия длительно используемых деградированных и техногенно загрязнённых почв, что является первостепенной задачей современного мелиоративного земледелия.

Произведённые на основе ООУТ в соответствии с технологическим регламентом и с учётом требований ГОСТ Р 53692 органические удобрения должны соответствовать технологическим условиям, а также требованиям

стандарта ГОСТ Р 55571-2013 по токсикологическим, санитарно-гигиеническим, агрохимическим и физико-механическим, показателям. На основе полученных результатов лабораторных исследований устанавливается принадлежность произведённых органических удобрений к определённой группе, а также их потребность в дополнительной переработке. Так, полученные органические удобрения, отвечающие требованиям, предъявляемым к «чистой почве» сельскохозяйственных угодий, селитебных и рекреационных территорий, используют для выращивания технических, кормовых, зерновых, сидеральных, цветочных, декоративных культур и озеленении городов; удобрения, не отвечающие нормативным требованиям, предъявляемым к «чистой почве» сельскохозяйственных угодий, селитебных и рекреационных территорий, применяют под посадки лесохозяйственных культур вдоль дорог, в питомниках лесных и декоративных культур, цветоводстве, для окультуривания истощённых почв, рекультивации нарушенных земель и откосов автомобильных дорог, рекультивации свалок ТБО, при этом дозы их внесения должны основываться на рекомендациях, изложенных в стандарте ГОСТ Р 55571-2013.

Таким образом, получение инновационных высокоэффективных органических удобрений и комбинированных мелиорантов на основе переработки органических отходов урбанизированных территорий и их последующее использование в рекреационных целях и сельском хозяйстве для восполнения дефицита органического вещества и восстановления плодородия деградированных и подверженных техногенному воздействию земель, представляет высокую мелиоративную и экологическую привлекательность и требует детального научного обоснования, основанного на результатах проведения многолетних натуральных экспериментов.

#### **Список использованных источников**

1. Басов Ю.В. Влияние свалки твёрдых бытовых отходов на агроэкологические показатели почвы / Ю.В. Басов // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч. экол. конф. / сост. В. В. Корунчикова; под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – С. 540–542.
2. Ильинский А.В. Экологические аспекты мониторинга мелиорируемых земель в условиях техногенеза на примере объекта «Тинки-2» Рязанской области / А.В. Ильинский, Г.В. Побединская, В.А. Игнатенок // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. Материалы международной научной конференции. Том II. –М.: Изд. ВНИИА, 2016. – С. 144–148.
3. Кирейчева Л.В. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапропеля для повышения плодородия деградированных почв / Л.В. Кирейчева, А.В. Нефедов, К.Н. Евсенкин, А.В. Ильинский, Д.В. Виноградов, Н.А. Иванникова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 3 (31). – С. 12–17.
4. Титова В.И. Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве / В.И. Титова, М.Б. Дабахов, Е.В. Дабахова // Нижний Новгород, 2009. – 10 с.

5. Чернова Я.С. Проблемы твердых бытовых отходов на территории Западного Крыма / Я.С. Чернова, Ю.С. Гермашева // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч. экол. конф. / сост. В. В. Корунчикова; под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – С. 540-542.
6. Экология, охрана природы и экологическая безопасность / под ред. В.И. Данилова-Данильяна. – М.: МНЭПУ, 1997. – 546 с.
7. On materials of Compost Project Hosted by Lower East Side Ecology Center 2016. New York City. Официальный сайт [Электронный ресурс]: <https://www.lesecologycenter.org/category/compost/>

УДК 631.674.2: 626.841 (470.47)

## **ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛИМАННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ КАЛМЫКИИ**

**Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева, А.А. Дедов**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

На территории Калмыкии насчитывается свыше 37 тыс. га инженерных участков и систем лиманного орошения, из них ежегодно затопливается только 23-27 тыс. га. К 2020 г. площадь используемых заливных лиманов должна увеличиться до 56,6 тыс. га [1-4].

Почвенный покров лиманных понижений на территории Калмыкии формировался под влиянием природных циклов по гидроморфному типу в условиях периодического увлажнения водами местного стока, поступающего с окружающей водосборной площади. Гранулометрический состав почвогрунтов варьирует в зависимости от типов зональных комплексов почв и подстилающих пород [2, 6].

На севере республики (в Приергенинской полосе и в Сарпинской низменности) почвенная толща лиманов представлена луговыми, лугово-лиманными и лугово-каштановыми солонцеватыми тяжелосуглинистыми почвами различной степени засоления, подстилаемыми шоколадными глинами. В руслах балок и рек восточного склона Ергеней сформирован аллювиальный почвенный покров различного гранулометрического состава (от глинистого до песчаного). В восточной зоне Калмыкии на равнинном рельефе Прикаспийской низменности в лиманных понижениях преобладают лугово-бурые почвы более легкого состава (от средних суглинков до песков) различной степени засоления и осолонцевания в комплексе с солончаками. На наиболее крупных понижениях образовались постоянные водоемы-озера, где сформированы болотные и лугово-болотные иловатые почвы.

Наибольшим уровнем плодородия обладают влажнолуговые и луговые почвы, где содержание гумуса в верхнем слое 0-0,4 м достигает 4,0-6,0%. В лугово-каштановых и лугово-бурых суглинистых почвах содержание гумуса не-

сколько ниже – до 4,0%, а наименее плодородны лугово-бурые супесчаные почвы, а также луговые солонцы и солончаки (содержание гумуса 1,5-2,0%).

На системах лиманного орошения в Республике Калмыкия наблюдается ухудшение эколого-мелиоративной обстановки и требуется регулярное осуществление адаптивных комплексов мероприятий по повышению плодородия земель и продуктивности сенокосных угодий, а также налаживание оперативного контроля за техническим состоянием конструкций, сооружений и уровня функционирования лиманных агроэкоэкосистем. Плотность сложения почв изменяется от 1,4 до 1,9 т/м<sup>3</sup>. Высок средний уровень засоления и осолонцевания почв. Наблюдается высокий уровень залегания грунтовых вод при их повышенной минерализации.

Растительный покров лиманных понижений в Калмыкии представлен различными природными ассоциациями, видовой состав которых напрямую связан со сложившимися почвенно-гидрогеологическими условиями и режимом увлажнения [2, 5]. Наибольшее распространение получили пырейная, бекманиевая и тростниково-осоково-лисохвостная формации.

Средняя продуктивность орошаемых лиманных сенокосов республики колеблется от 2,58 до 3,32 т/га. Проведенный статистический анализ количественных показателей продуктивности лиманных сенокосов свидетельствует об обратной пропорциональной зависимости от содержания водорастворимых солей в метровом слое почвы лиманов с коэффициентом равным 0,94 и уравнением регрессии:  $Y=3,328-0,871 \cdot X$  (рисунок).

Для оздоровления экологической обстановки и повышения продуктивности земель лиманного орошения требуется выполнение адаптивного комплекса мероприятий по каждой зоне их размещения (таблица). Необходимо осуществить реконструкцию имеющихся инженерных участков СЛЮ с приведением в нормальное рабочее состояние всех элементов и конструкций (подводящих и сбросных каналов, разделительных и ограждающих валов и дамб, гидротехнических сооружений и др.), обеспечивающих затопление и подачу необходимых оросительных норм 2,5...4,0 тыс. м<sup>3</sup> на 1 га в течение 5...20 дней, а также своевременный сброс излишков воды и отвод дренажных стоков.

### **Выводы**

Важнейшим направлением является оптимизация режимов затопления лиманов, включающая: подачу строго нормированных объемов оросительных вод в кратчайшие сроки с целью создания запасов влаги в почве, способствующих нормальному росту и развитию растений; соблюдение экологически безопасных нормативов продолжительности стояния воды, связанных с биологическими и физиологическими особенностями произрастающих на лиманах фитоценозов; быстрое удаление излишков воды.

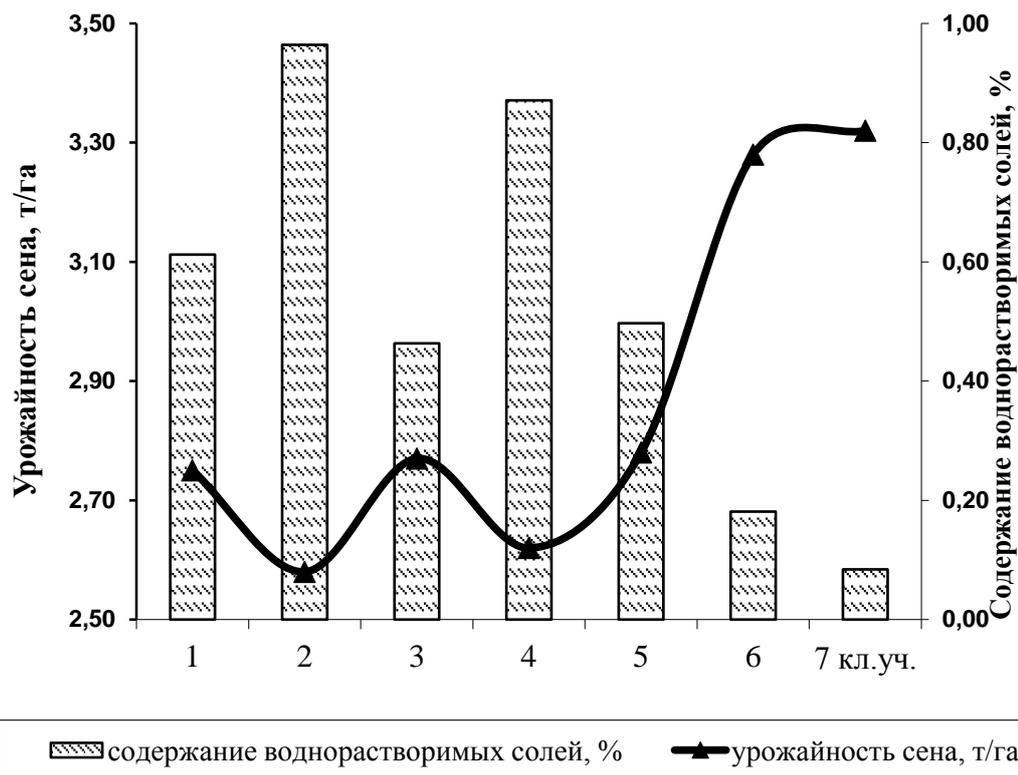


Рисунок - Зависимость продуктивности лиманных угодий от содержания водорастворимых солей в почве (в слое 0-1,0 м)

Таблица 1 – Общий адаптивный комплекс мероприятий по оздоровлению экологической обстановки на системах лиманного орошения Калмыкии

Природно-климатическая зона	Перечень мероприятий по улучшению экологической обстановки
Полупустынная зона	Реконструкция инженерных оросительных сетей и сооружений; соблюдение оптимального режима затопления и отвода оросительных и дренажных вод; повышение плодородия почв за счет внесения минеральных удобрений; улучшение водно-физических свойств и структурного состояния почв; поверхностное и коренное улучшение естественных сенокосных угодий; химическая и биологическая мелиорация засоленных и осолонцованных земель
Пустынная зона	Реконструкция систем лиманного орошения; соблюдение оптимального водного и питательного режимов; улучшение водно-физических и структурных свойств почв за счет внесения навоза и глины; улучшение видового состава и общего состояния травостоя

Следующий главный критерий – формирование на землях лиманного орошения высокопродуктивного агроландшафта за счет внедрения адаптивных технологий, которые состоят из ряда операций: ремонта имеющихся естественных сенокосных угодий путем подсева трав; улучшения водно-физических и структурных показателей почв специальными агроприемами; поднятия уровня плодородия почв внесением научно-обоснованных доз органических и минеральных удобрений, строго увязанных с потребностями фитоценозов и уровнем урожайности; применение приемов химической мелиорации засоленных почв.

#### Список использованных источников

1. Бородычев, В.В. Состояние и перспективы развития лиманного орошения в Калмыкии / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов // Мелиорация и водное хозяйство – 2013. - № 1. – С.2-5.
2. Дедова, Э.Б. Лиманное орошение Калмыкии: состояние и пути эффективного использования: монография / Э.Б. Дедова, В.В. Бородычев, М.А. Сазанов. - Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2015. - 272 с.
3. Дедова, Э.Б. Моделирование агроландшафтов систем лиманного орошения Республики Калмыкия / Э.Б. Дедова, В.В. Бородычев, М.А. Сазанов // Российская сельскохозяйственная наука. - 2016. - №6. - С.55-59.
4. Концепция развития мелиорации сельскохозяйственных земель Республики Калмыкия на период до 2020 года / Кизяев Б.М., Кирейчева Л.В., Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Сазанов М.А. – М.: Изд. ВНИИА, 2012. - 64 с.
5. Мамин, В.Ф. Основные подходы к разработке агроэкологических моделей окультуренных заливных лугов // В.Ф. Мамин / Технологические и экологические аспекты земледелия в аридных землях: Сб.науч.тр. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1993. – С. 165-168.
6. Шумаков, Б.А. Лиманное орошение / Б.А.Шумаков, Б.Б.Шумаков. - М.: Сельхозгиз, 1963. – 132 с.

УДК 631.6

## БИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛАНДШАФТОВ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ

<sup>1</sup> Н.П. Карпенко, <sup>2</sup> Ж.С. Мустафаев, <sup>3</sup> Ж.Е. Ескермесов

<sup>1</sup>ГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Для определения биоэкологической продуктивности ландшафтов Ж.С. Мустафевым и Г.А. Адильбектеги сформулированы методологические основы экологической оценки продуктивности ландшафтов на основе законов и принципов биологии [1; 2]. При этом продуктивность или интенсивность биологического процесса в ландшафтах во многом определяется значением коэффициента использования свободной энергии ( $\eta_{эн}$ ) системой трофического уровня, в которую он входит:

- продуктивность растений может быть определена из условия [3; 4]:

$$ПУ = R \cdot \eta_{эн} / C,$$

где:  $ПУ$  – потенциальная продуктивность растений;  $C$  - калорийность единицы урожая органического вещества;  $\eta_{эн} = k_{ФАР} / 100$ , здесь  $k_{ФАР}$  – коэффициент использования растениями активной фотосинтетической радиации;

- энергия, затрачиваемая на почвообразование [5]:

$$Q_i = R \cdot \exp(-\alpha_o \cdot \bar{R}),$$

где:  $Q_i$  - энергия, затрачиваемая на почвообразование, кДж/см<sup>2</sup>;  $\alpha_o$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы;  $\eta_{эн}$  - коэффициент использования свободной энергии.

В природной системе принцип энергетической сбалансированности тепла и влаги наблюдается, когда радиационный «индекс сухости» - ( $\bar{R}$ ) равен 1.0, что и принято в качестве критериального уровня для потенциальной оценки продуктивности ландшафта. Тогда потенциально возможная энергия, затраченная на почвообразовательный процесс ( $Q_n$ ), может быть определена по выражению:

$$Q_n = R \cdot \exp(-0.9 \cdot \alpha_o).$$

Таким образом, экологическая оценка продуктивности ландшафтов ( $K_э$ ) определяется соотношением таких осредненных индикаторных величин, как коэффициент продуктивности растений ( $K_p$ ) и почвы ( $K_n$ ) [1; 2]:

$$K_э = K_p \cdot K_n,$$

где:  $K_p$  - коэффициент, характеризующий экологическую оценку продуктивности растительного сообщества:  $K_p = Y_i / ПУ$ ;  $K_n$  - коэффициент, характеризующий экологическую продуктивность почвы:  $K_n = Q_i / Q_n$ .

На основе биологической оценки продуктивности растительности и почвы можно оценить продуктивность ландшафтов:  $\overline{ПОЗ}(\bar{R}) = \bar{S}(\bar{R}) \cdot \bar{П}(\bar{R})$ . В моделях прикладного характера, используемых в агрометеорологии, влияние метеорологических факторов на функцию продуктивности ландшафтов учитывается эмпирически – путем умножения функции продуктивности в оптимальных условиях на функцию воздействия факторов [1; 2]:

$$\overline{ПОЗ}(\bar{R}) = \bar{S}(\bar{R}) \cdot \bar{П}(\bar{R}) \cdot K_{э2} \cdot K_s \cdot K_t \cdot K_c,$$

где:  $K_{э2}$  – коэффициент, характеризующий длительность вегетационного периода растений;  $K_s$  - коэффициент, характеризующий гидрогеохимический режим

ландшафта;  $K_t$  - коэффициент, характеризующий температурный режим ландшафта;  $K_c$  - коэффициент, характеризующий качество воды речных бассейнов.

Для оценки эффективности использования ФАР сельскохозяйственными культурами можно применить коэффициент использования биоэнергетических ресурсов растений:

$$K_{\text{бэ}} = R \cdot \eta_{\text{эн}} / 100 \cdot \text{БП},$$

где: БП - биоэнергетический потенциал растений, 2500 ккал/(м<sup>2</sup> год);  $\eta_{\text{эн}}$  - коэффициент использования свободной энергии, который в естественных условиях равен 0.005.

Оценка влагообеспеченности растений осуществляется с помощью коэффициента естественного увлажнения ландшафтов [6]:

$$K_y = O_c / E_o,$$

где:  $O_c$  - атмосферные осадки, мм;  $E_o$  - испаряемость, мм.

Для интегральной биоэкологической оценки продуктивности растений, можно использовать совокупность коэффициента использования биоэнергетических ресурсов растений ( $K_{\text{бэ}}$ ) и эффективности использования атмосферных осадков ( $K_y$ ), то есть показателя биоэкологической продуктивности ландшафтов [1; 2]:

$$П_{\text{бэ}} = K_{\text{бэ}} \cdot K_y.$$

Расчет экологической оценки продуктивности агроландшафтов на основе предлагаемого методологического подхода выполнен для ландшафтных систем Кызылординской области (таблица).

Таблица – Экологическая оценка продуктивности естественных ландшафтов Кызылординской области

Метеостанции	Биоэкологическая оценка ( $П_{\text{бэ}}$ )	Экологическая оценка ( $K_y$ )	Интегральная экологическая оценка ( $\overline{ПОЗ(R)}$ )
Аральское море	0.014	0.05	0.001
Казалы	0.007	0.06	0.001
Жусалы	0.006	0.04	0.001
Кызылорда	0.006	0.03	0.001
Шиели	0.006	0.05	0.001
Аккум	0.006	0.07	0.001

Как видно из таблицы экологическая продуктивность ландшафтов Кызылординской области очень низкая, так как  $П_{\text{бэ}} = 0.006-0.014$ ,  $K_y = 0.01-0.07$  и  $\overline{ПОЗ(R)} = 0.001$ , и для их повышения требуется реконструкция естественных

ландшафтов путем создания искусственных агроландшафтов с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур и энергетического потенциала природной системы.

#### Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Адильбектеги Г.А. Интегральная математическая модель природной системы речных бассейнов // Теоретические и прикладные проблемы географии на рубеже столетий / Материалы международной научно-практической конференции 8-9 июня. - Алматы, 2004. - С. 84-88.
2. Мустафаев Ж.С., Адильбектеги Г.А., Сейдуалиев М.А. Экологическая оценка продуктивности ландшафтов бассейна реки Шу (Аналитический обзор). - Тараз, 2004 - 80 с.
3. Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 320 с.
4. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / Под ред. И.С. Шатилова и К.М. Каюмова) – М., Колос, 1975.- 275 с.
5. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. М.: Наука, 1974. 128 с.
6. Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара // Изв. АН СССР. Серия география и геофизика. - 1941. - №3. – 15-32.

УДК 631.6

### ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛУГ ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ВОДОСБОРА БАСЕЙНА РЕКИ

<sup>1</sup>С. Мустафаев, <sup>1</sup>А.Т. Козыкеева, <sup>2</sup>Н.А.Турсынбаев

<sup>1</sup>Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Влияние на биологическую продуктивность ландшафтов тепла и влаги выражается относительными величинами биоклиматического потенциала природной системы, то есть через климатический индекс биологической продуктивности ландшафтов Д.И. Шашко [1]:

$$B_k = K_{p(кy)} \left[ 100 \cdot \sum t > 10^\circ C / \sum t > 10^\circ C_o \right],$$

где:  $B_k$  - климатический индекс биологической продуктивности;  $\sum t > 10^\circ C$  - сумма средних суточных температур воздуха выше  $+10^\circ C$ , отражающая поступление солнечной энергии и теплообеспеченности ландшафтов;  $\sum t > 10^\circ C_o$  - сумма средних суточных температур воздуха выше  $+10^\circ C$ , равных начальной зоне формирования стока речных бассейнов, равная  $1000^\circ C$ ;  $K_{p(кy)}$  – коэффициент роста по годовому показателю атмосферного увлажнения, представляющий собой отношение продуктивности при данных условиях влагообеспеченности к максимальной продуктивности в условиях оптимальной влагообеспеченности и определяется по формуле:

$$K_{p(кy)} = 1.15 \cdot \lg(20 \cdot Md) - 0.21 + 0.63 \cdot Md - Md^2,$$

где:  $M_d = O_c / \sum d$  -показатель увлажнения;  $O_c$  - атмосферные осадки, мм;  $\sum d$  - сумма дефицита влажности воздуха, мб.

Биоклиматический потенциал, выраженный в баллах, является интегральным показателем и служит основным показателем для оценки агроклиматической значимости климата и приблизительно отображает биологическую продуктивность зональных типов почв, так как урожайность зависит от плодородия почвы и характеризует благоприятность климата [1], что дает возможность определить потенциальное значение климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов речных бассейнов при  $K_{p(кy)} = 1.0$ :

$$B_{кн} = [100 \cdot (\sum t > 10^\circ C / \sum t > 10^\circ C_o)].$$

При этом, разница потенциального значения климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов ( $B_{кн}$ ) и естественного значения климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов ( $B_k$ ) дает предельный возможный рост климатической продуктивности природной системы речных бассейнов за счет оказания антропогенных услуг, который определяется по следующему выражению:  $\Delta B_k = B_{кн} - B_k$ .

Для определения уровня эколого-мелиоративных услуг можно использовать интегральный показатель затраты воды одного балла климатического индекса биологической продуктивностью ( $B_k$ ):

$$\Delta e_{\delta n} = O_c / B_k; \Delta E_{\delta n} = \Delta e_{\delta n} \cdot \Delta B_k,$$

где:  $\Delta e_{\delta n}$  - затраты воды одного балла климатического индекса биологической продуктивностью ( $B_k$ );  $\Delta E_{\delta n}$  - предельно-допустимые или экологические водопотребности для повышения климатического индекса биологической продуктивностью ландшафтов ( $\Delta B_k$ ) за счет использования эколого-мелиоративных услуг при антропогенной деятельности, мм.

Следовательно, повышение «естественного природного капитала» ( $ЕПК$ ) до потенциального природного капитала» ( $ППК$ ), то есть  $\Delta ППК = ППК - ЕПК$  может быть осуществлено за счет экологических услуг водных ресурсов речных бассейнов, которые относятся к регулируемому и управляемому фактору [2], а свето- и теплообеспеченности не регулируются и не управляются, к этим факторам человечество адаптируется или приспосабливается. Поэтому для перераспределения экологических услуг водных ресурсов водосбора речных бассейнов требуется методологическое обоснование интегральных критериев, позволяющих разумно, равноправно и справедливо использовать «естественный природный капитал» ( $ЕПК$ ). Для разработки интегральных критериев, позволяющих сбалансированно перераспределять экологические услуги водосбора речных бассейнов, можно использовать отношение

естественного климатического индекса биологической продуктивности отдельных ландшафтных классов или катены (фации) ( $B_{\kappa\phi i}$ ) к среднему климатическому индексу биологической продуктивности всех ландшафтных классов  $\sum_{i=1}^n B_{\kappa\phi i} / n$ , то есть коэффициента экологических услуг водосбора речных бассейнов, обеспечивающих сбалансирование биологической продуктивности гидролагодландшафтов в условиях антропогенной деятельности

$$K_{\delta\kappa i} = 1 - (B_{\kappa\phi i} / B_{\kappa\phi i}^{cp}) \text{ и } \sum_{i=1}^n K_{\delta\kappa i} = 0 \rightarrow const.$$

Для равноправного, разумного и справедливого распределения средних многолетних располагаемых водных ресурсов трансграничных рек ( $W_{\delta\kappa i}$ ) можно использовать коэффициент располагаемых земельных ресурсов ( $K_{зpi}$ ) водосбора бассейна рек в разрезе фаций, которые определяются по формуле:

$$W_{\delta\kappa i} = K_{зpi} \cdot (W_{oi} - \Delta W_{сzi}),$$

где:  $W_{oi}$  – объем водных ресурсов речных бассейнов, км<sup>3</sup>;  $W_{сzi}$  – объем гарантированных санитарно-экологических водных ресурсов речных бассейнов, обеспечивающих экологическую устойчивость природной системы в низовьях.

Коэффициент располагаемых земельных ресурсов ( $K_{зpi}$ ) водосбора бассейна рек можно определить как отношение земельных ресурсов административных районов ( $F_i$ ) к общим земельным ресурсам водосбора бассейна реки Талас ( $F_o$ ), то есть  $K_{зpi} = F_i / F_o$ .

При этом объем водных ресурсов ( $W_i$ ) для оказания экологических услуг с целью повышения «естественного природного капитала» (ЕПК) до потенциального природного капитала» (ППК) с позиции биологической продуктивности растительного и почвенного покровов отдельных ландшафтных классов или фаций водосборов речных бассейнов определяется по формуле:

$$W_{\delta\kappa(\varepsilon-u)i} = K_{\delta\kappa i} \cdot W_{\delta\kappa i},$$

где:  $W_{oi}$  – объем располагаемых водных ресурсов речных бассейнов, км<sup>3</sup>;  $W_{сzi}$  – объем гарантированных санитарно-экологических водных ресурсов речных бассейнов, обеспечивающих экологическую устойчивость природной системы в низовьях.

При этом на основе средних многолетних располагаемых водных ресурсов ( $W_{oi} - W_{сzi}$ ) и коэффициента располагаемых земельных ресурсов ( $K_{зpi}$ ) мож-

но определить средние многолетние располагаемые водные ресурсы административного района водосбора бассейна трансграничной реки.

Таким образом, на основе использования климатического индекса продуктивности ландшафтов Д.И. Шашко [1], определив естественные и потенциальные биоклиматические потенциалы геоморфологической фации водосбора бассейна реки, можно обосновать уровень экологических услуг водных ресурсов водосбора речных бассейнов для повышения климатического индекса биологической продуктивностью ландшафтов ( $B_k$ ) при комплексном обустройстве их природных систем.

#### Список использованных источников

1. Шашко Д.И. Учитывать биоклиматический потенциал // Земледелие, 1985. - № 4. - С. 19-26.
2. Манусов Е., Манусова Н., Кошарский В., Фиговский О., Бикбау М., Кирейчева Л., Алексеенко В. Об управлении экосистемами и другими открытыми системами // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2009. № 1. С. 50-54.

УДК 631.6

## РЕШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ И ЭКОЛОГИИ В КОНТЕКСТЕ ЕДИНОЙ ВОДНО-ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОЙ ПРИРОДЫ ПОЧВЫ

**Н.Г. Стенина**

Новосибирский Государственный Архитектурно-Строительный Университет (Сибстрин), г. Новосибирск, Россия

Современные вызовы: мощная динамика изменения климата, индустриализации общества обуславливают необходимость разработки и внедрения новых принципов сельскохозяйственного землепользования и решения сопутствующих экологических проблем. Фундаментальной основой решения поставленных проблем является понимание природы почвы. Почва – среда, в которой рождается жизнь. Согласно учению великих почвоведов В.В. Докучаева [3], В.И. Вернадского [1] и их последователей причину этого уникального свойства почвы следует искать в природе неразрывного единства ее минеральной и живой составляющих. К.К. Гедройцем, внесшим особый вклад в развитие коллоидной химии почв, [2] дано определение почвенно-поглощающего комплекса (ППК) как единой органоминеральной частицы, обладающей ионно- (катионно) обменной способностью. Вода в составе такого ППК, автоматически предполагается. Механизм структурно-химического связывания воды в минеральном веществе имеет особое значение.

В результате многолетних исследований природных реакций минералобразования решение этого вопроса было найдено в виде аква-комплекса:



где: T – 4-х валентные катионы, Si в первую очередь;  $M^{n+}$  - одно- и двухвалентные катионы: Na, K,  $Fe^{2+}$  и др.;  $M^{m+}$  - многовалентные катионы:  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  и др.;  $O^{\cdot}$  - летучие: O, Cl, S и другие (рисунок 1а), неформального аналога ДНК для минерального вещества.

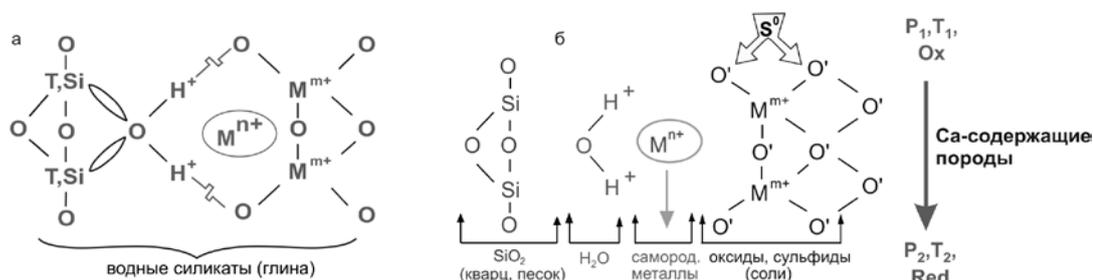


Рисунок 1 - Аква-комплекс (а) и его дезинтеграция на 3 части (б) в результате P, T, Ox/Red и Ca колебаний в минеральной системе

Практическими следствиями концепции аква-комплекса как закона эволюции природного минерального вещества [6] являются объяснение генезиса месторождений полезных ископаемых, как рудных, так и нерудных (нефти и газа, алмазов), происхождения природной воды и причин ее минерализации [4], современных изменений климата [6].

Аква-комплекс раскрывает природу неразрывной взаимосвязи минеральной и биоорганической составляющих в рамках единой Земной материи, что имеет особое значение для понимания феномена почвы. Неформальное сходство между аква-комплексом и ДНК заключается в том, что оба имеют Ox — Red структуру. В ДНК кислые и основные радикалы связываются в единую молекулу через водородные связи. Также и в структуре аква-комплекса (рисунок 1а) левая кислая  $2[SiO_3Y]$  ( $Y$  – кислородная вакансия) и правая основная  $2[M^{m+}O_4]$  ( $m+ = 3$ ) части связаны, объединены через тетраэдрически заряженную молекулу воды:  $\bar{O} - 2H^+$  [5].

Таким образом, водородная связь, а именно ее энергоинформационный потенциал, являются фундаментальной основой для объединения био- и минеральной ДНК в общий закон развития единой природной материи. Почва является как раз той средой, где две ветви эволюции (минеральная и биоорганическая) оказываются неразрывно связанными, тем самым создавая необходимые условия для зарождения жизни. Ее обеспечение происходит за счет энергетического и информационного потенциала, которые являются неотъемлемым свойством Redox'a [6].

Концепция аква-комплекса раскрывает природу этой взаимосвязи применительно к практическим проблемам почвоведения. Минеральная составляющая грунтов является основой для определения типов почвы и разработки способов ее мелиорации. Эмпирически хорошо известны низкая продуктивность преимущественно глинистых почв, наоборот, высокая – песчано-гумусовых и особая роль кальция (известняков) в кардинальном изменении типа почвы. Эти

самые важные факторы мелиорации имеют точное выражение в рамках концепции аква-комплекса.

Аква-комплекс представляет собой универсальную «водно-минеральную клетку» Земной материи, из которой образуются все без исключения, природные минералы и вода. Структура смешанно-слоистых водосодержащих глинистых минералов строится из целых аква-комплексов. Вода, являющаяся главным катализатором биоминеральных реакций, находится в глинистой матрице в химически связанной форме. Поэтому все необходимые для роста растения вещества оказываются в труднодоступной форме. Интенсивное развитие живого организма начинается только при наличии свободной воды, выделяющейся из центральной части аква-комплекса при его распаде на составляющие (рисунок 1б). Это происходит при резких колебаниях температуры и давления окружающей среды, но главным фактором дезинтеграции аква-комплексов является инверсия окислительно-восстановительного потенциала среды (Redox'a) и Са-содержащие породы (известняки). Резкое изменение рН почвы и повышение ее плодородия при внесении в нее извести является давно эмпирически известным фактом и широко используется в мелиоративных мероприятиях. Таким образом, внесение в малопродуктивную почву кроме органических и минеральных удобрений песка и извести, способно заметно изменить ее структуру, кислотность - щелочность, насыщенность влагой, и в результате - плодородие почвы. Концепция аква-комплекса раскрывает природу и взаимосвязь этих факторов, что дает возможность их целенаправленного контроля при проведении мелиоративных мероприятий.

О роли биоты (живых микроорганизмов), существенно увеличивающей плодородие почвы следует заметить следующее. Ее возникновение и размножение происходит наиболее интенсивно в диапазоне инверсии окислительно-восстановительного потенциала (Redox'a). В качестве глобального доказательства можно привести очевидный факт, что жизнь на Земле строго совпадает с гидросферой, которая отвечает местоположению Redox'a. В планетарном масштабе она является тонкой сферой, где меняется кислый потенциал атмосферы на основной потенциал Земных недр. Почва занимает как раз центральное место в этой оболочке.

Поэтому представляется объективно верной считать такую причинно-следственную связь, согласно которой активный Redox стимулирует резкий подъем жизнедеятельности микроорганизмов и, как следствие, повышает плодородие почвы, но не наоборот.

Рекультивация почв, испорченных индустриальной и горнодобывающей деятельностью, и возврат их в область сельскохозяйственного использования, становится в последнее время все более актуальной проблемой. Перспективным направлением ее решения является метод «*inplacere mediation*», что означает восстановление продуктивности загрязненной почвы без ее выборки и дистанционного удаления. Для этого разрабатывается целый комплекс физико-химических методов нейтрализации опасных токсикантов на месте их захоро-

нения в грунте. Опыт участия в практическом решении одной из таких проблем [7] показал, что успех зависит от установления собственных регенерирующих способностей конкретной загрязненной почвы. Установлено, что в толще химически загрязненного грунта начинаются интенсивные процессы самоорганизации. Они инициируются возникшим химически неравновесием в системе грунта, а смысл соответствующих структурно-химических преобразований минерального вещества заключается в переводе опасного элемента из свободной формы, в которой он наиболее токсичен, в природную минеральную форму. Исследования комплексом инструментальных методов доказали, что соответствующие структурно-химические преобразования почвы происходили по механизму аква-комплекса.

#### **Список использованных источников**

1. Вернадский В.И. Биосфера. Л.: Научное химико-техническое изд. 1926. 140с.
2. Гедройц К.К. Учение о поглотительной способности почв. 4-ое изд. М.: Сельхозгиз, 1932. 207с.
3. Докучаев В.В. Русский чернозем. М.: Сельхозгиз, 1936. 560с.
4. Стенина Н.Г. Происхождение минеральной воды. Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2017. 130с.
5. Bernal J.D., Fowler R.H. A theory of water and ionic solutions with particular reference to hydrogen and hydrogen ions // J. Chem. Phys. 1933. v.1, p. 515-548.
6. Stenina N.G. Evolution of the Mineral Matter of the Earth: Theory and Implications. Energy paradigm of geological processes. [Scientific electron book: [www.steninageo.com](http://www.steninageo.com)] Novosibirsk: Academic Publishing House "GEO", 2013. 414 p.
7. Stenina N.G. "In place" remediation of contaminated soils. [[www.steninageo.com](http://www.steninageo.com). Recent applications]. 2014.

УДК 502/504:631

### **МИКРОЭЛЕМЕНТЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИВАНЬКОВСКОГО И УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ**

**Толкачёв Г.Ю., Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И.**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Донные отложения (ДО) водохранилищ играют двойную роль, являясь одновременно аккумулятором элементов и их соединений и источником вторичного загрязнения воды. В значительной мере это относится к изучению круговорота тяжёлых металлов (ТМ), существующих в природных водах и ДО в разных химических формах. В данной работе рассмотрены содержание и формы существования ТМ в ДО водохранилищ Волжского каскада: первого – Иваньковского, являющегося основным источником водоснабжения г. Москвы, и расположенного ниже Угличского.

#### **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

При оценке состояния ДО Иваньковского и Угличского водохранилищ основным методом было их опробование с последующим химическим анализом. Образцы были проанализированы методами атомно-абсорбционной спектрометрии на наличие Hg, Cu, Zn, Ni, Co, Pb, Cr, Mn, As, Cd. Анализировались подв

лась фракция ила  $< 0,02$  мм, обладающая высокой адсорбционной способностью и образующая наиболее контрастные ореолы и потоки рассеяния ТМ в ДО [1].

Для оценки процессов накопления и выноса микроэлементов в ДО Иваньковского водохранилища был использован комбинированный метод, сочетающий в себе площадные съёмки ДО в определённые сезоны года и наблюдения на постоянных станциях. На основе полученных материалов была сделана оценка запаса ТМ в твёрдой фазе верхнего 10-см слоя ДО по плёсам водохранилища. Наряду с определением валовых содержаний ТМ были изучены формы их нахождения в твёрдой фазе ДО. В твёрдой фазе использовался метод химического фазового анализа, который включал в себя её последовательную обработку 3 селективными вытяжками.

В Угличском водохранилище в 2001 году было отобрано 30 проб донных отложений, из которых 6 – в верхнем бьефе плотины, а также 9 проб на главных притоках, в настоящее время было отобрано 25 проб донных отложений, из которых 4 – в верхнем бьефе плотины. При анализе состояния донных отложений 2001 г. и настоящего времени сравнивались 25 проб. Плотность отбора проб не была равномерной, максимальная – вблизи крупных городов: Дубна, Кимры, Белый Городок, Калязин, Кашин.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По материалам съёмок 1983 г. принимались следующие фоновые содержания ТМ в ДО Верхневолжских озёр: Cd – 0,3; Zn – 37,0; Pb – 19,0; Cu – 35,0; Ni – 11,0; Co – 6,3; Cr – 29,0 мг/кг. Оценка уровней загрязнения ДО Иваньковского водохранилища ТМ была проведена по створам. Полученные данные свидетельствуют, что концентрации Zn и Cu в ДО превышают фоновые содержания, в заливах превышение концентрации наблюдается только для Zn. Во всех остальных случаях на всех створах наблюдения концентрации ТМ в ДО Иваньковского водохранилища находятся на уровне фоновых значений.

Важный вывод из сравнения данных за 1983, 1998 гг. и настоящего времени касается неравномерности распределения концентраций ТМ в ДО водохранилища по его площади. По сравнению со съёмками 1983 и 1998 гг. это распределение в настоящее время выровнялась. Большинство микроэлементов распределены в ДО водохранилища достаточно однородно. Для оценки однородности использовались коэффициенты вариации  $C_v$  концентраций ТМ.

Равномерное распределение отмечается для концентраций Fe, Mn. Коэффициент вариации  $C_v = 0.15-0.17$  (высокий и средний уровень однородности). Более высокая изменчивость характерна для концентраций Zn, Cd, Cu, Ni, Co ( $C_v = 0.17-0.23$ ) – средний уровень однородности. Таким образом, для большинства элементов характерен высокий и средний уровни однородности по площади водохранилища.

В течение года изучалось содержание Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Fe, Mn в придонных горизонтах воды, поровых растворах, твёрдой фазе ДО на двух постоянных станциях, расположенных в разных гидродинамических усло-

виях. Станция «Плоски», расположенная в створе у д. Плоски, находится в условиях активного водообмена, а станция «Шошинский плёс» – в условиях замедленного водообмена. Необходимо отметить высокий процент суммы подвижных соединений в твёрдой фазе ДО практически для всех изучаемых элементов (таблица). Для ст. Плоски особенно высокий процент характерен для Cu, Zn, Cd, Cr, а для ст. Шошинский плёс – для Zn, Cd.

Можно констатировать, что Co, Cd, Mn, Cr, Ni, Pb находятся в наиболее подвижных формах в ДО ст. Плоски. На ст. Шошинский плёс эти закономерности распределения подвижных форм элементов в общих чертах сохраняются. Co, Zn, CdCr, Ni, Pb, As более всего находятся в ионообменных формах. Большая часть подвижной Cu находится в формах, связанных с органическим веществом ДО, для Cr, Co, Ni, Zn, Cd эта форма также имеет существенное значение. Для Pb, As форма, связанная с гидроксидами Fe и Mn, доминирует только в летний период, а зимой и весной резко вырастает значение ионообменных форм.

Подвижные формы изученных микроэлементов отличаются наибольшей изменчивостью во времени. Значения C<sub>v</sub> меняются в интервале 0.18-1.04 для станции Плоски (Волжского плёса) и в интервале 0.42-1.06 – для Шошинского. Заслуживают внимания очень низкие значения коэффициента вариации для малоподвижных (кристаллических) форм. Значения C<sub>v</sub> меняются в интервале 0.001-0.055 для Волжского плеса и в интервале 0.002-0.040 – для Шошинского [2]. Можно сделать вывод, что именно изменение содержания ТМ в подвижных формах способствует изменению их валового содержания в ДО (таблица).

Таблица - Процентная доля подвижных форм ТМ от их валовой концентрации в твёрдой фазе ДО на станциях Плоски (числитель) и Шошинский плёс (знаменатель), %

Элемент	Время отбора пробы				
	ИЮНЬ	АВГУСТ	ОКТЯБРЬ	ЯНВАРЬ	МАЙ
Cr	58.1/10.88	51.35/13.02	50.7/15.31	50.78/11.16	54.08/15.6
Co	17.3/19.12	20.64/21.5	19.11/24.23	20.01/6.42	24.27/17.48
Ni	23.14/23.0	24.36/27.08	22.46/22.19	23.24/4.93	21.49/17.78
Cu	75.56/18.11	75.27/21.58	78.03/22.35	87.74/13.59	70.08/17.09
Zn	52.9/59.1	58.55/64.47	37.46/70.25	43.13/41.02	41.12/58.59
As	14.4/11.68	10.42/13.27	9.2/15.21	12.14/5.96	13.04/15.7
Cd	60.16/58.16	68.69/66.91	61.1/61.09	59.74/26.95	60.44/49.86
Pb	11.05/8.48	12.49/11.75	15.16/16.43	15.13/4.17	15.1/11.0
Mn	19.1/23.3	31.4/59.6	19.1/25.5	20.9/15.7	20.7/17.6
Fe	39.2/30.1	56.8/42.1	56.7/56.8	54.4/22.1	67.8/38.7

Исследования, проведённые ИВП РАН на Куйбышевском водохранилище и позднее на других водохранилищах Волжского каскада, показали, что в пределах одного водохранилища и сезона соотношение различных форм существо-

вания элементов в твёрдой фазе ДО остаётся постоянным по всей площади водоёма и меняется только по сезонам [3]. Поэтому для оценки масс ТМ, находящихся в разных формах в твёрдой фазе ДО в плёсах Иваньковского водохранилища, были использованы результаты исследований, проведённых на станциях Плоски и Шошинский плёс.

Процентное содержание элементов разной степени подвижности в ДО каждого плёса определялось по результатам исследований на станциях. Полученные данные свидетельствуют о том, что масса подвижных форм в 10-см слое ДО каждого плёса (и, следовательно, всего водохранилища) значительна, а изменение масс элементов по сезонам характерно не только для ионообменных форм существования, но и для всех остальных подвижных форм [2].

Главными загрязнителями ДО Угличского водохранилища являются Cd, Zn и Hg. Содержание Zn в настоящее время на всей обследованной территории уменьшилось и кривая носит сглаженный характер по сравнению с 2001 годом, содержание Cd в среднем удвоилось. Наибольшее загрязнение ДО Zn, Cd, Hg и As отмечено на участке Дубна–Кимры–Белый Городок. Превышены фоновые значения по Zn, Hg и As. Отмечается постепенное снижение концентраций Hg и As вниз по течению от Дубны до Углича. В верхнем бьефе плотины их содержание находится на уровне фоновых значений. За период наблюдений содержание ТМ и суммарный показатель токсичного загрязнения практически не меняются.

В 2001 году наблюдались разбросы значений ТМ по точкам опробования [4]. В настоящее время картина загрязнения существенно изменилась. За счет перераспределения ДО по площади водохранилища ситуация выглядит более однородной. Характерной природной особенностью ДО Угличского водохранилища является повсеместное повышенное содержание Mn – в наши дни в верхнем бьефе плотины оно сохраняется на достаточно высоком уровне [5].

По шкале Ю.Е. Саета [6] загрязненность донных отложений водохранилища и ряда притоков оценивается как допустимая, но в некоторых точках наблюдается его повышенное значение за счет Zn в 2001 году. В настоящее время содержание ТМ и As в ДО водохранилища в целом оценивается как допустимое. В верхнем бьефе плотины содержание ТМ и As в ДО после 2001 года остается практически неизменным.

## ВЫВОДЫ

1. Исследования ДО Иваньковского водохранилища позволили определить высокий процент суммы подвижных форм по отношению к их валовому содержанию. Установлено, что состав прочно связанных с твердой фазой микроэлементов обладает высокой стабильностью, а состав и соотношение подвижных форм обладает высокой изменчивостью.

2. Установлено, что содержание ТМ в ДО Иваньковского водохранилища стало более однородным, чем в 90-е годы. Оценка изменения запасов подвижных форм в твёрдой фазе ДО позволила выявить величину и направленность равнодействующей двух процессов – накопление элементов в ДО и их вынос.

Суммарная масса элементов в поровом растворе ДО составляет незначительную долю накопленной массы в твёрдой фазе ДО.

3. Отмечены изменения загрязнения ДО Углицкого водохранилища за период наблюдений, во всех точках наблюдается превышение концентраций Cd и Zn над фоновыми значениями. Вместе с тем полученные значения позволили оценить состояние донных отложений водохранилища как допустимое.

#### **Список использованных источников**

1. Коломийцев Н. В., Райнин В. Е., Мюллер Г. Исследования загрязнённости донных отложений как основа мониторинга состояния водотоков. // Мелиорация и водное хозяйство, 2001. № 3. С. 11-15.
2. Толкачёв Г.Ю. Тяжёлые металлы в системе «вода–донные отложения». LAPLAMBERT AcademicPublishing. Saarbrucken, 2012. 98 стр.
3. Веницианов Е.В., Кочарян А.Г., Сафронова Н.С., Серенькая Е.П. Сезонные изменения форм нахождения тяжёлых металлов в донных отложениях Куйбышевского водохранилища. // Водные ресурсы. 2003, № 4, т 30, с. 443-451.
4. Коломийцев Н.В. Распределение тяжелых металлов и мышьяка в донных отложениях Углицкого водохранилища / Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 6. С. 10 – 13.
5. Корженевский Б.И., Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина, Е.Н. Гетьман. Изменение содержания тяжёлых металлов и мышьяка в донных отложениях Углицкого водохранилища. // Материалы Международной научно-практической конференции «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения (Костяковские чтения)». Том II. Стр.177-183. Москва, 29-30 марта 2016 г.
6. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин. М.: Недра, 1990. 335 с.

УДК 631.74:635.342

## **КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ**

**Щепотько Н.А.**

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, Россия

В Волгоградской области площадь под капусту составляет более 765 га, а средняя урожайность не превышает 38,3 т/га. В связи с этим остро стоит вопрос совершенствования технологии капельного орошения белокочанной капусты, учитывая ее биологические особенности, закономерности продукционного процесса, минерального питания и потребления воды [1, 2]. В условиях дефицита водных и энергетических ресурсов в орошаемом овощеводстве огромное значение придается выбору способов полива, к которому относится капельное орошение [3, 4, 5].

Цель исследований - разработка технологии возделывания белокочанной капусты для зимнего хранения с использованием систем капельного орошения, обеспечивающей в почвенно-климатических условиях Волгоградской области формирование урожайности на уровне 80-120 т/га при рациональном использовании минеральных удобрений и водных ресурсов.

Полевые исследования проводились в 2013-2015 гг. в фермерском хозяйстве «С.П. Павлова» Суровикинского района Волгоградской области. Полевой опыт заложен по плану полного факториального эксперимента [6, 7], который включал следующие элементы: систему основной и предпосевной подготовки почвы (фактор А), уровень предельно допустимого содержания влаги в увлажняемой зоне почвогрунтов (фактор В), уровень минерального питания, ориентированный для получения разных уровней планируемой урожайности белокочанной капусты (фактор С).

Схема опыта по фактору А включала три уровня подготовки почвы:

- вариант А1 (контроль) – используемая система основной и предпосевной подготовки почвы, включающая дискование, отвальную вспашку, боронование и предпосевную культивацию с последующей высадкой рассады;

- вариант А2 – система основной и предпосевной подготовки почвы, включающая дискование, отвальную вспашку, боронование и предпосевное фрезерование с последующей высадкой рассады;

- вариант А3 – система основной и предпосевной подготовки почвы, включающая двойное дискование зяби, боронование, объемное полосное рыхление и предпосевное фрезерование с последующей высадкой рассады.

По фактору В рассматривались три уровня поддержания предполивной влажности почвы с использованием системы капельного орошения: вариант В1 – поддержание дифференцированного порога предполивной влажности почвы на уровне 80-70% НВ; 80% НВ – в период от высадки рассады до фазы образования кочана; 70% НВ – далее до наступления фазы технической спелости; вариант В2 – поддержание постоянного порога предполивной влажности почвы на уровне 80% НВ; вариант В3 – поддержание дифференцированного порога предполивной влажности почвы на уровне 80-90% НВ: 80% НВ – в период от высадки рассады до фазы образования кочана, 90% НВ – далее до наступления фазы технической спелости.

На каждом из вариантов по изучению водного режима почвы исследовались факторы минерального питания: вариант С1 – внесение расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 80 т/га; вариант С2 – внесение расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 100 т/га; вариант С3 – внесение расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 120 т/га.

Общая площадь опытного участка составляла 2 га, учетная площадь единичных делянок 150 м<sup>2</sup>. Форма и направление делянок, а также размеры защитных полос принимались в соответствии с требованиями общепринятых методик. Почвы опытного участка светло-каштановые, типичные для региона исследований, по гранулометрическому составу среднесуглинистые. Обеспеченность почвы опытного участка легкогидролизующим азотом – низкая (36,73 мг/кг сухой почвы), а подвижным фосфором и обменным калием – средняя (29,96 и 254,7 мг/кг сухой почвы соответственно). Исследования проводились на посевах белокочанной капусты гибрида Валентина F1. По результатам опы-

тов самая низкая за годы исследований урожайность 75,6 т/га в среднем была получена при поддержании порога предполивной влажности на уровне 80-70% НВ и внесением минеральных удобрений дозой N<sub>155</sub>P<sub>70</sub>K<sub>40</sub>. Внесение минеральных удобрений дозой N<sub>285</sub>P<sub>130</sub>K<sub>260</sub> при капельном орошении обеспечило наибольшее формирование урожайности белокочанной капусты 120,7...123,4 т/га на уровне предполивной влажности 80% - 80% НВ (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность капусты по вариантам опыта, 2013-2015 гг

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Урожайность, т/га			
			2013 г	2014 г	2015 г	Среднее
А1	В1	С1	77,4	70,8	78,6	75,6
		С2	90,1	85,7	90,9	88,9
		С3	92,0	88,5	93,1	91,2
	В2	С1	81,9	79,3	85,7	82,3
		С2	93,0	87,7	94,4	91,7
		С3	97,8	93,3	99,0	96,7
	В3	С1	80,1	78,8	84,7	81,2
		С2	92,4	87,3	94,5	91,4
		С3	98,5	93,6	99,2	97,1
А2	В1	С1	80,0	78,4	85,5	81,3
		С2	103,1	92,6	103,7	99,8
		С3	106,8	98,5	107,6	104,3
	В2	С1	77,4	79,6	86,6	81,2
		С2	102,5	98,4	108,1	103,0
		С3	123,3	114,6	124,2	120,7
	В3	С1	84,6	80,5	88,1	84,2
		С2	102,8	98,8	107,1	102,9
		С3	112,8	102,8	127,3	120,1
А3	В1	С1	87,1	78,7	88,3	84,7
		С2	101,3	98,3	107,0	102,2
		С3	109,0	102,3	112,1	107,8
	В2	С1	87,5	79,6	89,1	85,4
		С2	108,1	100,4	109,2	105,9
		С3	124,3	118,6	127,3	123,4
	В3	С1	88,5	81,2	88,9	86,2
		С2	107,3	99,8	109,1	105,4
		С3	123,9	119,4	126,6	123,3
НСР <sub>05</sub> фактор А			3,12	3,28	3,10	
НСР <sub>05</sub> фактор В			3,12	3,28	3,10	
НСР <sub>05</sub> фактор С			3,12	3,28	3,10	
НСР <sub>05</sub> взаимодействие факторов			9,37	9,83	9,30	

Во влажном 2013 году рассаду высаживали 30 мая. Поддержание предполивной влажности почвы на уровне 80% - 70% НВ в период «высадка рассады - формирование розетки» обеспечивалось проведением одного полива нормой 130 м<sup>3</sup>/га, в фазу «формирование розетки – образование кочана» - проведением четырех поливов. В следующую фазу «образование кочана - начало созревания»

ния» было проведено 4 полива поливной нормой 195 м<sup>3</sup>/га. В последнюю фазу «созревание – техническая спелость» поливы не проводились.

Для поддержания порога предполивной влажности почвы на уровне 80% - 80% НВ в 2013 году в период от «высадки рассады – формирование розетки» до фазы «созревание - техническая спелость» был проведен один полив нормой 130 м<sup>3</sup>/га, в период от «формирование розетки – образование кочана» – 4 полива; в фазу «образование кочана – начало созревания» - 6 поливов.

В варианте для поддержания порога предполивной влажности почвы на уровне 80-90% НВ от «высадки рассады- формирование розетки» до фазы «образования кочана - начало созревания» был проведен один полив поливной нормой 130 м<sup>3</sup>/га, в фазу «формирование розетки – образование кочана» – 4 полива. В период «образование кочана - начало созревания» поддержание влажности почвы на уровне 90% НВ было обеспечено проведением 14 поливов поливной нормой 65 м<sup>3</sup>/га, а в фазу «созревание – техническая спелость» одним поливом.

Капельное орошение совместно с внесением минеральных удобрений существенно способствовало повышению урожайности белокочанной капусты. В основное внесение минеральных удобрений использовали 20% от потребности азотных (в пересчете на д.в.), 70% фосфорных и 40% калийных удобрений. При внесении с поливной водой применяли только хорошо растворимые в воде удобрения.

Таким образом, внесение минеральных удобрений дозой N<sub>220</sub>P<sub>100</sub>K<sub>150</sub> и поддержание влажности почвы на уровне 80% НВ в расчетном слое 0,4 м в период от высадки рассады до фазы образования кочана и 90% НВ далее до наступления технической спелости обеспечило формирование урожая кочанов капусты на уровне 123,4 т/га. Прибавка урожая по сравнению с вариантом А1В1С1 статистически достоверна и составила 47,8 т/га.

#### **Список использованных источников**

1. Бородычев В.В. Обработка почвы, минеральное питание и капельное орошение капусты белокочанной в Нижнем Поволжье / Бородычев В.В; Щепотько Н.А. -Плодородие №3 2017 г.
2. Бородычев В.В. Перспективные приёмы повышения эффективности мелиорации в Нижнем Поволжье / В.В. Бородычев // Научное обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства в засушливых зонах России / Сб. материалов научной сессии РАСХН. – Москва, 2000. – часть 1. - С.455 – 461.
3. Бородычев В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур: Научное издание / В.В. Бородычев. – Коломна: Радуга, 2010, - 241 с.
4. Бородычев В.В. Особенности минерального питания овощей при капельном орошении / В.В. Бородычев, А.И. Болдырь, В.М. Гуренко, О.М. Дмитриенко / Картофель и овощи, 2005. - № 5. – С. 17-19.
5. Гиль Л.С. Современное промышленное производство овощей и картофеля с использованием систем капельного орошения и фертигации. / Л.С. Гиль, А.П. Дьяченко, А.И Пашковский., Л.Т Сулима – Учебное пособие. - Житомир: ЧП Издательство «Рута», 2007.-390 с.
6. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. / С.С.Литвинов – ВНИИ овощеводства, М., 2011. – 648 с.

# **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ И ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ**

УДК: 631.6

## **МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ**

<sup>1</sup> К.Б. Абдешев, <sup>2</sup> Ж.С. Мустафаев, <sup>3</sup> Ю.Г.Безбородов

<sup>1</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>ФГБОУ РГАУ –МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

С экологических позиций промывку засоленных почв необходимо проводить на основе «мягкого» управления природными системами. В отличие от «жесткого» управления, «мягкое» управление основано на улучшении бывшей естественной продуктивности экологических систем или повышении плодородия почвы путем целенаправленной и основанной на использовании объективных законов Природы деятельности. Пример такого подхода реализован в методологическом обеспечении технологии промывки засоленных почв [1], представленного в настоящей работе.

Перед началом промывки засоленных почв устраиваются чеки с нулевыми отметками, нарезаются временная оросительная сеть и выводные борозды с противоположной стороны чека и борозды с углублением в сторону центра чека, при этом подачу промывной (поливной) нормы с помощью борозды проводят одновременно встречными струями с одинаковыми расходами, до столкновения друг с другом в центре чека с последующим выравниванием слоя воды в борозде по фронту подачи воды [2].

Длина промываемого чека ( $L$ ) в зависимости от горизонтального уклона поверхности земли принимается в пределах 100-200 метров, а ширина чека ( $B$ ) определяется с учетом расстояний между рядков сельскохозяйственных культур ( $b_0$ ), возделываемых после промывки:  $B = b_0 \cdot n_0$  (где  $n_0$  – количество планируемых поливных борозд по ширине чека), тогда площадь промываемого чека ( $F_a$ ) будет равна:  $F_a = B \cdot L$ .

Горизонтальный уклон дна борозды направлен в середину промываемого чека и глубина нарезаемой борозды в начале борозды должна быть 10 см, в середине - 20 см для подачи воды одновременно встречными струями друг к другу по бороздам с помощью выводных борозд, расположенных противоположно стороне внутри чека.

Расход воды в выводных бороздах определяется исходя из удельного расхода поливаемой борозды ( $q_{\bar{o}}$ ) и количества борозд ( $n_{\bar{o}}$ ), расположенных внутри промываемого чека:  $Q_{oa} = q_{\bar{o}} \cdot n_{\bar{o}}$ , л/с.

Расход воды во временных оросителях ( $Q_b$ ) определяется на основе расходов воды выводной борозды ( $Q_{oa}$ ) с учетом количества одновременно работающих выводных борозд ( $n_{oa}$ ), то есть  $Q_b = Q_{oa} \cdot n_{oa}$ .

Продолжительность работы выводных борозд ( $t_{np}$ ), то есть подачи воды промываемого чек, определяется из следующей системы уравнений:

$$t_{np} = N_{i\bar{o}} \cdot F_n / 3.6 \cdot Q_b; t_{np} = N_{i\bar{o}} \cdot F_n / 3.6 \cdot Q_{oa}; t_{np} = N_{i\bar{o}} \cdot F_n / 3.6 \cdot q_{\bar{o}} \cdot n_{\bar{o}},$$

где:  $N_{i\bar{o}}$  – промывная норма, подаваемая на  $i$ -ом этапе промывки засоленных земель, м<sup>3</sup>/га.

Промывную норму засоленных почв можно определить по формуле Ж.С. Мустафаева, позволяющей установить размеры промывных норм и учитывающей динамику гидравлических процессов в почвогрунтах [3]:

$$N = (\alpha / \beta) \lg(S / S_i),$$

Норма промывки засоленных почв ( $N_{i\bar{o}\bar{o}}$ ) в безнапорном режиме, определяется по следующей формуле:  $N_{i\bar{o}\bar{o}} = N - N_{in}$ .

Продолжительность промывки засоленных почв в безнапорном режиме ( $t_{\bar{o}\bar{o}}$ ) определяется по формуле:  $t_{\bar{o}\bar{o}} = (N - N_{i\bar{o}\bar{o}}) / K_{\phi}$ , где  $K_{\phi}$  - коэффициент фильтрации.

После промывки засоленных земель помимо возделывания более солеустойчивых сельскохозяйственных культур необходимо сохранить технологию подачи воды по бороздам промывки, то есть режим встречными струями с одинаковыми расходами.

Продвижение потока по бороздам описывается уравнением [4]:

$$l = a \cdot t^{\beta},$$

где:  $l$  - путь, пройденный потоком за время  $t$ ;  $a$  - коэффициент пропорциональности;  $\beta$  - коэффициент, характеризующий затухание скорости продвижения потока по борозде.

Средняя скорость просачивания воды в почву изменяется во времени по уравнению А.Н. Костякова [5]:

$$V_t = V_o / t^{\alpha},$$

где:  $V_o$  - слой впитавшейся воды за первую единицу времени;  $\alpha$  - коэффициент, характеризующий затухание скорости впитывания.

Обозначая удельную интенсивность подачи воды в борозду  $q$ , среднюю глубину воды в борозде  $h$ , общую продолжительность подачи  $T$ , длину бо-

розды  $l$ , а текущее время и длину соответственно  $t$  и  $l_t$ , запишем дифференциальное уравнение баланса воды в борозде:

$$q \cdot dt = \frac{V_o}{(T-t)^\alpha} (T-t) \frac{\alpha \cdot \beta}{t^{1-\beta}} dt + h \frac{\alpha \cdot \beta}{t^{1-\beta}} dt,$$

решая которое, получим:

$$q \cdot T = (2 \cdot \beta - \beta^2) \left( \frac{V_o \cdot T^{1-\alpha}}{2-\alpha} \right) + h) l_T,$$

откуда находим  $l_t$ ,  $q$ ,  $T$  и  $m_T$ .

Значение  $m_T$  можно представить, кроме того, уравнением:

$$m_T = m[1 - (l/2 \cdot l_q)],$$

где:  $m$  - средняя поливная норма;  $l_q$  - длина добегающего потока после отключения подачи воды.

После подачи воды по бороздам при встречном режиме происходит выравнивание слоя воды в борозде по всей длине и его значение можно определить с учетом впитывающей воды во время полива, по следующей формуле:

$$h_{cs} = h_{nm} - \frac{V_o}{1-\alpha} \cdot t^{1-\alpha},$$

где:  $V_o$  - скорость впитывания в конце первого часа;  $\alpha$  - показатель, зависящий от свойства почвы и начальной влажности;  $t$  - продолжительность полива.

Продолжительность впитывания воды после полива ( $t_o$ ) определяется по формуле:

$$t_o = 1-\alpha \sqrt[1-\alpha]{\frac{h_{cs}(1-\alpha)}{V_o}}.$$

Таким образом, предложенная методика определения параметров технологии промывки с техникой полива по бороздам из двух противоположенных выводных борозд пропашных сельскохозяйственных культур, позволяет определить время полива и прогнозировать режим увлажнения почвы с высокой достоверностью и надежностью.

### Список использованных источников

1. Серебренников Ф.В. Рациональное природопользование и экологические требования к оросительным системам // Мелиорация и водное хозяйство.- М., 1993. - №4. - С.2-5.
2. Инновационный патент РК № 29219. Способ промывки засоленных почв; опубл.15.12.2014, Бюл. 12. - 3 с.
3. Мустафаев Ж.С. Физико-математическое моделирование процесса выщелачивания солей из почвы // Плодородие почв Казахстана, вып. 2, Алматы: Наука. 1986. - с. 64-72.
4. Кривовяз С.М. Теория и расчет полива по бороздам // Известия АН УзССР.- Ташкент, 1960.- №6.- С.41-56.
5. Костяков А.Н. Основы мелиорации.-М.: Сельхозгиз, 1960.-622 с.

УДК 631.8

## **ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ПРИЕМОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С ПОМОЩЬЮ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ**

**В.А. Игнатенко<sup>1</sup>, А.А. Павлов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия;

<sup>2</sup>РГАТУ им. П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

Каждый год, особенно в период летней засухи, поступает информация о пожарах в лесах и на торфяниках. Торфяные и лесные пожары наносят огромный, часто невосполнимый ущерб природно-экологическим и материальным ресурсам Российской Федерации. Полные потери от пожаров составляют почти 5% бюджета страны. Торфяные болота во всем мире признаются одним из самых уникальных, значимых и в тоже время самых уязвимых типов экосистем.

Основные направления решения проблем деградации болот - использование выработанных торфяных месторождений и осушенных земель под сельское хозяйство, повторное заболачивание и ренатурализация трансформированных экосистем болот. В связи с этим ученые и практики сегодня ищут нити активизации природных процессов по восстановлению этих земель и усиления процесса сукцессии. Наиболее неустойчивыми почвами в данном случае являются дерново-подзолистые супесчаные, которые прилегают к водно-болотным угодьям Мещеры.

Проблема загрязнения почв, воды и растений, вызванная техногенными нагрузками на водосборные площади, обострилась в последнее время. Загрязняющие вещества накапливаются в различных компонентах биосферы, снижают устойчивость наземных и водных экосистем, влияют на биопродуктивность и качество продукции сельского хозяйства, здоровье и благосостояние людей [3, 4, 6].

Особое внимание заслуживают гуминовые удобрения, поскольку они способны оказать позитивное влияние на агрофизические и агрохимические свойства почвы. При внесении гуминовых удобрений происходит увеличение полевой влагоемкости, капиллярности, водопроницаемости, так же происходит

улучшение структуры почвы, уменьшается плотность почвы. Гуминовые удобрения являются катализаторами биохимических процессов, протекающих в почве, за счет органического вещества гуматов, которое используется микроорганизмами почвы. Минеральные соединения, находящиеся в труднодоступной форме, переходят в доступные для растений формы [2].

Целью исследований является разработка комплекса агрономелиоративных и агротехнических мероприятий, направленных на восстановление деградированных и загрязненных почв, повышение плодородия малопродуктивных дерново-подзолистых супесчаных почв и мелкозалежных низинных торфяников в условиях Мещерской низменности Рязанской области при использовании гуминовых удобрений [1, 5].

Исследования проводятся в полевом эксперименте на экополигоне «Мещеры» (исследуется водный и гидрохимический режим грунтовых вод и малой реки) в лизиметрах и вегетационных сосудах. Опыты заложены по методике Б.А. Доспехова. Исследуемыми культурами являются однолетние и многолетние травы. Полевые исследования, дозы внесения органических и минеральных удобрений обоснованы теоретическими исследованиями, характеристиками препаратов и качественными показателями почв, полученными непосредственно перед планированием опытов.

Отбор проб проводился методом конверта, для более объективной оценки, анализ проведен в эко аналитической лаборатории ООО «Мещерский научно-технический центр». Лизиметры с почвами ненарушенного сложения и в течение долгого времени не использовались, и полностью соответствуют условиям поставленных задач.

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

Результат первого года исследований показывает, что на дерново-подзолистых почвах при внесении в почву гуминового препарата 150 л/га совместно с биогумусом 10 т/га наилучшие результаты по урожайности на зеленую массу получены на вариантах с уровнем грунтовых вод 1,0 м, прибавка урожайности составляет 9%. При уровне, поддерживаемом на 1,5 м, результаты практически не отличаются от предыдущего варианта, прибавка составляет 8%. Вариант с близким залеганием грунтовой воды на протяжении всей вегетации показывает снижение урожайности на 25% от контрольного, что говорит о

негативном влиянии грунтовых вод, находящихся непосредственно в корнеобитаемом слое.

Таблица 1 – урожайность вико-овсяной смеси, 2017 год, т/га

№	Вариант	Вико-овсяная смесь, зеленая масса, т/га					Прибавка	
		Повторность					т/га	% к контролю
		1	2	3	4	среднее		
1	Контроль (чистая почва)	32,30	28,40	32,40	30,05	30,90	-	-
2	Гум+Биог, УГВ 1,5м	34,12	32,91	33,63	35,12	33,95	3,05	10
3	Гум+Биог, УГВ 1,0м	31,65	37,48	32,32	33,83	33,82	2,92	9
4	Гум+Биог, УГВ 0,5м	21,76	25,53	22,45	28,54	24,57	- 6,33	-25

$НСР_{05}=1,95$  т/га

В конце вегетационного периода будет выполнен учет урожая многолетних культур и анализы качества продукции по питательным свойствам и содержанию тяжелых металлов. Исследования продолжатся в 2018–2019 гг. с многолетними травами.

#### Список использованных источников

1. Евтюхин В.Ф., Бочкарев Я.В., Мажайский Ю.А., Евсенкин К.Н., Никушина Т.К., Игнатенко В.А. Исследование содержания тяжелых металлов в почвах Рязанского района // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии системы сельскохозяйственного производства. – 1998. – С. 21-35.
2. Карпюк Л.А. Алкоксильные производные гуминовых веществ: синтез, строение и сорбционные свойства: дисс. к.х.н.: 02.00.03, 03.00.16. – Москва, 2008. – С. 32.
3. Мажайский Ю.А. Обоснование режимов комплексных мелиораций в условиях техногенного загрязнения агроландшафта: дисс. д.т.н.: 06.01.02. – Москва, 2002. – С. 4.
4. Методические рекомендации по экологической реабилитации нарушенных болот и предотвращению нарушений гидрологического режима болотных экосистем при осушительных работах / Козулин А.В. и др.- Минск, 2010. – С. 4.
5. Приказнова А.А., Гусева Т.М., Мажайский Ю.А., Игнатенко В.А. Влияние компоста многоцелевого назначения на Агрохимические показатели загрязненной тяжелыми металлами почвы и качество растениеводческой продукции // Агрехимический вестник. – 2017. – №3. – С. 45-48.
6. Семенова К.С. Обоснование противопожарного шлюзования осушенных торфяников в условиях Мещерской низменности: дисс. к.т.н.: 06.01.02. – Москва, 2016. – С. 3-4.

УДК: 631.4:574

## **РОЛЬ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ И ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЁННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**А.В. Ильинский, Д.В. Данчеев**

МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, пос. Солотча, Россия

Экологическая безопасность, качество жизни и здоровье граждан Российской Федерации могут быть обеспечены только при поддержании качественного состояния окружающей среды, оптимального состояния природно-антропогенных объектов и сохранении природных систем [5, 6]. В этой связи восстановление плодородия деградированных и техногенно загрязнённых почв земель сельскохозяйственного назначения должно стать одним из приоритетных направлений деятельности общества и государства [3, 4, 7]. При подготовке и проведении работ по реабилитации техногенно загрязнённых земель необходимо обеспечить надлежащее исполнение всех технологических и производственных операций, организационно-технических действий и мероприятий, осуществляемых подрядными организациями на предмет соответствия качества, состава и объемов выполняемых работ, а также предотвращение нарушений персоналом подрядчика требований действующего законодательства Российской Федерации (РФ), регламентов заказчика, нормативно-технических документов, проектной документации и условий договоров, заключенных заказчиком с подрядчиками, исключить возможность нецелевого использования финансовых средств и иных материальных ресурсов, выделяемых на выполнение проекта, а также способствовать повышению эффективности обозначенных работ. Перечисленные задачи логично решать как на этапах организации, так и реализации таких проектов с использованием предлагаемой современной системы комплексного контроля выполнения реабилитационных работ [1, 2].

Рекомендуемая авторами модель организации и проведения контроля за работами по реабилитации загрязнённых поллютантами земель представлена на рисунке 1. Информация, собранная с помощью системы комплексного контроля за соблюдением технологического процесса проведения работ по реабилитации техногенно загрязнённых земель, должна быть обработана и в виде ежедневных сообщений, оперативных сообщений о нарушении, ежедневных сводок по видам и объемам выполненных реабилитационных работ, ежемесячных докладов, заключений о возможности (либо невозможности) приёмки видов и объемов работ, заявляемых к сдаче подрядной организацией, с обязательным приложением фотографических и табличных материалов, должна оперативно и систематично передаваться заказчику проекта для её анализа и принятия мер оперативного реагирования в зависимости от складывающейся на объекте работ ситуации.



Рисунок 1 - Модель организации и проведения контроля за работами по реабилитации загрязнённых поллютантами земель

При этом, система комплексного контроля за выполнением работ по ликвидации загрязнённости поллютантами почв земель сельскохозяйственного назначения должна включать в себя следующие направления:

- 1) контроль процесса ведения работ по реабилитации загрязнённых поллютантами почв;

2) контроль результатов выполненных работ по реабилитации загрязнённых поллютантами почв, качеству и объемам заявленных к сдаче работ и проведение итогового контроля и натурного обследования объектов работ;

3) контроль соблюдения подрядчиком требований в области охраны окружающей среды, промышленной безопасности и охраны труда при проведении реабилитационных работ;

4) контроль, проверка содержания рабочей документации по проекту и разработка документов и материалов в рамках договора и технического задания;

5) оценка работы подрядной организации, контроль реагирования подрядчика на замечания контролирующих организаций.

При этом каждое из обозначенных направлений системы комплексного контроля должно иметь свои чётко сформулированные показатели для объективной оценки выполнения подрядной организацией мелиоративных работ [1].

Благодаря использованию системы комплексного контроля будет оперативно налажен объективный анализ процесса и результатов выполнения работ по реабилитации техногенно загрязнённых территорий, результаты которого позволят сформулировать предложения по совершенствованию технологий производства и организации природовосстановительных работ, а также рекомендации по улучшению качества и повышению эффективности выполнения аналогичных работ.

#### **Список использованных источников**

1. Ильинский А.В. Возможности управления процессом санации техногенно загрязнённых земель с помощью современной системы комплексного контроля / А.В. Ильинский // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. Материалы международной научной конференции. Том I. – М.: Изд. ВНИИА, 2016. – С. 241-245.
2. Ильинский А.В. К вопросу повышения эффективности проведения работ по реабилитации техногенно загрязнённых земель с помощью внедрения современной системы комплексного контроля / А.В. Ильинский, Д.В. Виноградов, Г.Д. Гогмачадзе // АгроЭкоИнфо. – 2016, №3. [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/3/st\\_320.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/3/st_320.doc).
3. Кирейчева Л.В. Толерантность сельхозкультур к загрязнению черноземов тяжелыми металлами / Л.В. Кирейчева, Ю.А. Мажайский, А.В. Ильинский. // Аграрная наука. 2003. № 8. С. 19-20.
4. Кирейчева Л.В. Санация и восстановление плодородия техногенно загрязнённых почв / Л.В. Кирейчева, В.М. Яшин, А.В. Ильинский // Агрехимический вестник. – 2008. – №5. – С. 8–10.
5. Коломийцев Н.В. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязнённости донных отложений / Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский, Т.А. Ильина, Е.Н. Гетьман // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 6. – С. 15–19.
6. Методические рекомендации по мероприятиям для предотвращения и ликвидации загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами. М., ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии 2005. – 72 с.
7. Практика рекультивации загрязнённых земель / Под ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2012. – 604 с.

УДК: 502/504 : 577.4 : 63(437.6)

# РАСЧЕТ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА

<sup>1</sup>Карпенко Н.П., <sup>2</sup>Маймакова А.К.

<sup>1</sup>ФГБОУ «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Значительная часть земельных ресурсов Жамбылской области Казахстана под влиянием хозяйственной деятельности имеют высокую засоленность и подвержена процессам опустынивания – деградация растительного покрова, дефляции песков, водная и ветровая эрозии, засоление орошаемых почв, техногенное опустынивание, загрязнение почвы и воды промышленными и бытовыми отходами, ядохимикатами и др.

Под засолением понимают избыточное содержимое в верхнем слое грунта солей, которые пагубно действуют на развитие сельскохозяйственных культур. К токсичным солям, которые имеют губительное влияние на растительный организм, принадлежат:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а к нетоксичным –  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ .

В практике орошаемого земледелия аридной зоны, в том числе регионов Казахстана, известны случаи катастрофически быстрого засоления почв, которые до орошения не были засолены совершенно или засолены лишь незначительно. Этот процесс сопровождается резким снижением плодородия в результате накопления в корнеобитаемом слое почвы вредных для сельскохозяйственных растений солей.

Вторичное засоление почв развивается на территориях, необеспеченных естественным оттоком грунтовых вод, вследствие нарушения существующего водного режима.

Содержание солей в почве в процентах от масс определяются по следующей зависимости [1]:

$$a = c (W_1 - W_2)/1000, \quad (1)$$

где:  $a$  – содержание солей в почве, % от массы;  $c$  – концентрация почвенного раствора, г/л;  $W_1$  – влажность почвы, % от массы;  $W_2$  – гигроскопическая влажность, % от массы;  $(W_1 - W_2)$  – растворяющий объем влаги в почве.

Относительная урожайность ( $Y$ ) в процентах при любой засоленности почв ( $E_{\text{Ce}}$ ) может быть определена по следующей формуле [2]:

$$Y = 100 - b(E_{\text{Ce}} - a), \quad (2)$$

где:  $a$  – пороговая величина засоленности;  $b$  – снижение урожайности, %.

Данные по определению урожайности сельскохозяйственных культур (томаты, лук, картофель, огурец) в зависимости от типа засоления почв представлены в таблице. Результаты определения влажности и солесодержания были получены на искусственно засоленных участках с использованием

агротехники и эколого-мелиоративных мероприятий, близких к обычно практикуемым в агропромышленном хозяйстве (таблица).

Для улучшения эколого-мелиоративного состояния засоленных сероземно-луговых почв были разработаны ресурсосберегающие технологии по рассолению почв с вымыванием солей из почвенного слоя для регулирования необходимого водно-солевого режима почв на орошаемых засоленных и солонцеватых землях.

В состав первоочередных мелиоративных мероприятий были включены капитальные промывки и поливы для снижения степени засоленности почв и пород зоны аэрации и восстановления деградации почвенного слоя. При разработке эколого-мелиоративных мероприятий учитывались такие факторы как проявление накопления токсичных веществ, поэтому для каждого вида полива и промывок были разработаны способы предупреждения накопления токсичных веществ. Наибольший эффект предлагаемых мероприятий будет достигнут, если эколого-мелиоративные мероприятия проводить на фоне глубокого рыхления. Кроме того, для обоснования промывных норм необходимо учитывать качество оросительной воды, выращиваемой культуры, число поливов, равномерность распределения воды при поливе, водопроницаемость почвенного слоя и дренированность изучаемого массива орошения [3, 4].

Регулирование водного режима основывается на учете климатических и почвенных условий, а также потребностей выращиваемых культур в воде. Для создания оптимальных условий роста и развития растений необходимо стремиться к уравниванию количества влаги, поступающей в почву, с ее расходом на транспирацию и физическое испарение, то есть созданию коэффициента увлажнения близкого к единице [5]. Все приемы окультуривания почвы засоленных земель Жамбылской области (создание глубокого пахотного слоя, улучшение структурного состояния, увеличение общей пористости, рыхление подпахотного горизонта) повышают ее влагоемкость и способствуют накоплению и сохранению продуктивных запасов влаги в корнеобитаемом слое [6].

На основании проведенных исследований на сероземно-луговых почвах засоленных почвах Жамбылской области Казахстана и проведенных расчетов установлен высокий уровень опасности экологической ситуации в рассматриваемом регионе.

Был рекомендован комплекс эколого-мелиоративных мероприятий, необходимый для улучшения экологических условий региона. На основе изучения и анализа водно-физических свойств почв, их засоленности, а также различных технологий полива была проведена экологическая оценка методов улучшения засоленных земель с учетом тепло- и влагообеспеченности, которая дала возможность определить уровни и коэффициенты экологической опасности.

Таблица – Определение урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от типа засоления почв для территории Жамбылской области

Тип засоления	Наименьшая влажность, %	Гигроскопическая влага, %	Растворяющийся объем влаги в почве, %	Концентрация почвенного раствора, С, г/л;	Содержание солей в почве, %	ЕС, мсм/см	Р, ат	Урожайность, %			
								Томаты а = 2,5 в = 9,9	Лук а = 1,2 в = 16,1	Картофель а = 1,7 в = 12	Огурец а = 2,5 в = 13
Хлоридно-сульфатный	11	1	10	0,45	0,0045	0,73	0,26	68	69	71	58
	15	1,5	13,5	2,3	0,031	3,71	1,34	88	60	76	84
	18	1,7	16,3	2,6	0,042	4,2	1,51	83	52	70	78
	22	2,3	19,3	4,5	0,086	7,26	2,61	53	2,4	33	38
	25	2,7	22,3	5,3	0,118	8,54	3,08	40	0	18	21
Сульфатный	11	1,5	9,5	1,0	0,0095	1,61	0,58	91	93	98	88
	13	2	11	2,5	0,028	4,03	1,45	85	54	72	80
	18	2,5	15,5	3,0	0,047	4,84	1,74	77	41	62	70
	22	3,5	18,5	4,0	0,074	6,45	2,32	61	15	43	49
	27	4	23	5	0,115	8,06	2,90	45	0	24	28
Сульфатно-хлоридный	13	1,5	11,5	1,5	0,017	2,42	0,87	99	80	91	99
	15	2	13	3,2	0,042	5,2	1,86	73	36	58	65
	19	2,4	16,6	5	0,083	8,1	2,90	45	0	23	27
	24	3	21	6,5	0,136	10,5	3,77	21	0	0	0
	26	3,4	22,6	7	0,158	11,3	4,06	13	0	0	0
Сульфатный с участием соды	14	2	12	2	0,024	3,23	1,16	93	67	82	90
	18	2,5	15,5	4	0,062	6,45	2,32	61	15	43	49
	22	3,0	19	6	0,114	9,67	3,48	29	0	4	73,5
	25	3,5	21,5	7	0,151	11,3	4,06	13	0	0	0
	28	3,7	24,3	8	0,194	12,9	4,64	0	0	0	0

### Список использованных источников

1. Сейтказиев А.С. Комплекс мелиоративных мероприятий и моделирование переноса солей на засоленных почвах // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России. – Материалы международной научно-практической конференции (Костяковские чтения) 20-21 марта 2013. – М. – С. 82-86.
2. Соколенко Э.А., Зеличенко Е.Н., Кавокин А.А. и др. Теоретические основы процессов засоления – рассоления почв. – Алма-Ата: Наука. – 1981. – 296 с.
3. Сейтказиев А.С., Буданцев К.Л. Моделирование водно-солевого режима почв на засоленных землях // Межвузовский сборник научных трудов. – М. – 2002. – С.72-79.
4. Сейтказиев А.С., Салыбаев С.Ж., Байзакова А.Е., Музбаева К.М. Экологическая оценка продуктивности улучшения засоленных земель в пустынных зонах республики Казахстан. – Тараз. – 2011. – 274с.
5. Сейтказиев А.С., Музбаева К.М., Салыбаев С.Ж. Моделирование водно-солевого и теплового режимов деградированных почв. – Тараз. – 2011. – 356 с.
6. Карпенко Н.П., Сейтказиев А.С., Маймакова А.К. Экологическая оценка деградации сероземно-луговых почв Жамбылской области. – Международный научно-исследовательский журнал. – № 12(54). – 2016. – Часть 1, декабрь. С. 132-135.

УДК: 631.413.3

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

<sup>1</sup>Л.В. Кирейчева, <sup>2</sup>Ж.С. Мустафаев, <sup>3</sup>Л.К. Жусупова

<sup>1</sup>ФБГНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Кызылординский государственный университет им. Коркыт-Ата, г.Кызылорда, Казахстан

Практика и опыт освоения засоленных земель, а также основные направления системы природопользования в области мелиорации сельскохозяйственных земель свидетельствует о возможности освоения засоленных земель на новом качественном уровне, при котором будет достигнута гибкая высокоэффективная технология промывки с неукоснительным и последовательным соблюдением принципов рационального и сбалансированного использования природных ресурсов [1, 2].

На основе законов биогенной миграции химических элементов [3; 4; 5] и биологических особенностей сельскохозяйственных культур [6] разработан способ освоения засоленных земель для сельскохозяйственного использования, включающий: подготовку временной оросительной и дренажной сетей и чеков, глубокое мелиоративное рыхление почвы поперек дрен с чередованием рыхленных полос с одинаковой шириной и последующей подачей промывной воды в чеки. Он отличается 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 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 [7].

На каждом этапе освоения засоленных земель, во-первых, необходимо определить степень засоления почвы ( $S_i$ ) и во-вторых, уровень ожидаемой продуктивности сельскохозяйственных культур с учетом солеустойчивости

$$\bar{Y}_i = Y_i / Y_{\max},$$

где:  $Y_i$  – урожайность сельскохозяйственных культур при данной степени засоления почвы, ц/га;  $Y_{\max}$  - максимальная урожайность сельскохозяйственных культур при допустимой степени засоления почв, ц/га.

Контроль за эффективностью мероприятий по регулированию засоленности осуществляется по сумме солей или по изменению электропроводности почв [8, 9].

Норма промывки засоленных земель ( $\alpha$ ) при каждом этапе освоения определяется на основе системы следующих уравнений [7]:

$$Y_i = Y_{\max} \cdot \exp\left[-k(S_i / S_{\text{doni}} - 1)^b\right];$$
$$N_i = (\alpha / \beta) \cdot \lg(S_i / S_{\text{doni}}),$$

где:  $\alpha$  – коэффициент солеотдачи;  $\beta$  - параметр, который зависит от скорости перемешивания;  $S_{\text{doni}}$  - допустимое содержание солей почвы при этапе освоения засоленных земель, т/га;  $k$  - коэффициент солеустойчивости сельскохозяйственных культур;  $b$  - параметр уравнения.

Если ожидаемое количество вымываемых солей из почвенного слоя (0-100 см) ( $\Delta S_i$ ) в каждом этапе освоения засоленных земель будет больше, чем их предельно-допустимое значение ( $\Delta S_{\text{don}}$ ), которое определяется исходя из уровня техногенной нагрузки природной системы в годовом интервале, тогда в данном этапе освоения выделяются несколько подэтапов, количество которых определяется по формуле:  $n = \Delta S_i / \Delta S_{\text{don}}$ .

Следовательно, предлагаемый способ освоения засоленных земель не ограничивается только рассоляющим действием, а также обеспечивает высокий уровень производства качественной продукции растениеводства с учетом солеустойчивости сельскохозяйственных культур, что увеличивает возможности возделывания различных сельскохозяйственных культур для обеспечения потребности в кормовой базе и продовольственной безопасности, а также формирования экологической устойчивости экосистемы региона.

Предлагаемая технология мобильного управления агробиоценозами при освоении засоленных земель предназначена для хозяйств-землепользователей и реализуется на отдельных полях, формируясь в конкретизированную ландшафтно-мелиоративную адаптивную систему земледелия.

Разработка комплексов агромелиоративных мероприятий при освоении засоленных земель для возделывания сельскохозяйственных культур проводится при соблюдении следующих принципов:

- максимально-возможного приближения к оптимальному значению основных показателей среды почвообразовательного процесса и произрастания сельскохозяйственных культур согласно их биологическим особенностям;

- соответствия параметров рекомендуемых эколого-агро-гидромелиоративных мероприятий требованиям охраны окружающей среды и среды обитания человека;

- соблюдения хозяйствами-землепользователями необходимой временной цикличности выполнения эколого-агро-гидромелиоративных мероприятий при освоении засоленных земель в промежутках между основными этапами гидро- и агротехнических работ;

- экономической эффективности эколого-агро-гидромелиоративных мероприятий по управлению параметрами почвообразовательного процесса и произрастания сельскохозяйственных культур, определяемому полнотой и качеством проведения работ в составе каждого комплекса, рекомендованного для хозяйств-землепользователей.

Таким образом, разработка для хозяйств-землепользователей способа освоения засоленных земель с учетом оптимизации условий почвообразовательного процесса и произрастания сельскохозяйственных культур в агроландшафтных системах, обеспечивает принятие оперативных и обоснованных решений по целенаправленному управлению и регулированию почвенно-мелиоративными процессами в геотехнических системах и сохранение экологической устойчивости среды обитания человека.

#### **Список использованных источников**

1. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Кирейчева Л.В., Жусупова Л.К. Экосистемное обоснование способов освоения засоленных земель // Агроэкология, 2015. - №2(4).-С.-3-9.
2. Количественные методы в мелиорации засоленных почв [Текст]. - Алма-Ата, 1974.-174 с.
3. Вернадский В.И. Химическое строение Земли и ее окружения. -М.: Наука, 1987.- 338 с.
4. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. -М.: Астрия, 2000.-763 с.
5. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Ибатуллин С.Р., Козыкеева А.Т. Модель природы и моделирование природного процесса. -Тараз, 2009.- 190 с.
6. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Абдешев К.Б. Моделирование засоления и рассоления почвы. -Тараз.- 2013.- 204 с.
7. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Карлыханов Т.К., Жусупова Л.К. Способ освоения засоленных земель. - Патент РК, № 31836, 2017. – 3 с.
8. М.Г. Субботина, Батъе-Салес Хорхе. Об электропроводности почв в современных исследованиях // Пермский аграрный вестник, №3. 2013. С. 28-33
9. Спешков Б.А., Яшин В.М. Устройство для измерения электропроводности грунтов // Патент на изобретение RU 2044308 С1, 20.09.1995.

УДК: 631.8

## **ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГАЗОННЫХ ТРАВ НА ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ**

**Павлов В.Ю.**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В настоящее время является актуальной проблема улучшения городской среды, как места обитания большого количества людей. На её экологическое состояние оказывают влияние различные факторы не всегда благоприятные для жизни человека. Поэтому она нуждается в дальнейшем улучшении. Делать это можно различными способами. И один из них – создание и улучшение состояния зелёных насаждений.

Традиционно считается, что основную роль в улучшении городской экологии играют древесно-кустарниковые насаждения. Однако и травянистая растительность в виде газонов вполне способна внести свою лепту в улучшение городской среды. Занимая большие площади, она препятствует пылению незакрепленных загрязнённых городских грунтов (Почва, 1997), чего не могут обеспечить деревья. Она поглощает загрязнения так же, как и представители древесно-кустарниковой растительности. Помимо экологической роли важна эстетическая составляющая.

При создании газона практикуется применение многокомпонентного искусственного почвогрунта. Газон, согласно «Правилам создания, содержания и охраны зелёных насаждений города Москвы» (Приложение 1 к постановлению Правительства Москвы от 10 сентября 2002 г. № 743-ПП), должен располагаться на подготовленном и спланированном основании из многокомпонентного искусственного почвогрунта заводского изготовления. Толщина плодородного слоя для обыкновенного газона – 20 см.

Использование подобных грунтов обязательно при восстановлении деградировавших городских почв. Например, при нарушении, выражающемся в их засыпке и срезании при проведении всевозможных земляных работ, когда в городе образуется мощный техногенный горизонт (средняя мощность - 1-3 м), деформация которого ведёт к деградации почв. Также возможно применение экогрунта при сильном их загрязнении, когда бывает желательно удаление загрязнённого слоя почвы, рекомендуемое для городов некоторыми авторами (Почва., 1997; Яковлев и др., 2010). Возможно применение экогрунта при других видах деградации. Однако, если существенные деградационные процессы, делающие невозможным произрастание растений, отсутствуют, то его применение нам представляется необязательным, тем более что оно может быть сопряжено с немалыми финансовыми затратами.

Городские почвы достаточно разнообразны. Почвы делятся на природные, антропогенно-преобразованные (поверхностно- и глубоко-преобразованные) и искусственно созданные (Герасимова и др., 2003). Среди всего этого разнообразия широко распространены урбанозёмы. Они сформиро-

вались на полностью искусственных грунтах. В них присутствует искусственно образующийся горизонт «урбик». Это поверхностный насыпной, перемешанный горизонт, часть культурного слоя с примесью антропогенных включений более 5%, мощностью более 50 см, нарастающий за счёт пылевых атмосферных выпадений. Структура выражена слабо (Герасимова и др., 2003; Почва., 1997). Несмотря на специфичность таких городских почв, они имеют соответствующие признаки. Они, несомненно, являются биокосным телом, в них имеется твёрдая, жидкая и газообразная фазы, имеется также биологическая фаза, в них протекают те же почвообразовательные процессы, что и в природных почвах (однако с сильным участием антропогенного фактора) (Почва., 1997). В городских почвах присутствует гумус (Почва., 1997). Гумусовое состояние зависит от возраста почвы. В молодых почвах присутствуют компостные компоненты и фульвокислоты. Урбанозёмы и слабонарушенные почвы обогащены общим фосфором и калием. Также они обогащены подвижным фосфором, (Герасимова и др., 2003; Почва., 1997). Почвенное дыхание в урбанозёме было менее выражено, чем в дерново-подзолистой почве (Иванова и др., 2015) но всё же присутствует. В разных ландшафтах городской среды (рекреационная зона, газон) численность бактерий, использующих органические формы азота, актиномицетов, микромицетов не особо отличается (Люлин, Селицкая, 2006).

Таким образом, городские почвы являются настоящими почвами, где возможно произрастание растений. Необходимо лишь улучшение их отдельных свойств и создание условий для роста трав.

Согласно Правилам (Приложение 1 к постановлению Правительства Москвы от 10 сентября 2002 г. № 743-ПП) для создания зелёных насаждений города Москвы рекомендуется внесение минеральных удобрений. Тем более что содержание обменного калия в городских почвах неравномерно, а содержание валового азота невелико - 0,03-0,2% (Герасимова и др., 2003; Почва., 1997). Но на наш взгляд перспективным является внесение органоминеральных удобрений, обладающих более разнообразным действием на почву.

Задачей нашего микрополевого опыта было исследование влияния внесения органоминерального удобрения на основе торфо-сапропелевой смеси на рост и развитие травостоя газонных трав. Данное удобрение было приготовлено на основе торфа и сапропеля, в качестве компонентов туда входили азотное, фосфорное и калийное удобрение, а также добавка кремнийсодержащего субстрата аэросила.

Опыт был заложен в мае-июне 2017 г. на участке городской почвы. Предварительно был дополнительно нанесён слой почвы примерно 5 см. Схема опыта представлена в трёх вариантах:

1. Контроль. Без удобрений;
2. Вариант с минеральными удобрениями в дозировке, соответствующей их содержанию во вносимом органоминеральном удобрении. Дозировка составила 4,83 г азота, 2,81 г  $P_2O_5$  и 3,79  $K_2O$  на  $m^2$ ;
3. Собственно органоминеральное удобрение (ОМУ) дозировкой 600 г/ $m^2$ .

Каждый вариант состоял из трёх повторностей. Площадь делянок составляла 1 м<sup>2</sup>. Делянки были засеяны травосмесью следующего состава: овсяница луговая – 40%; мятлик луговой – 20%; райграс однолетний – 20%; райграс пастбищный – 20%. Общая масса высеванных семян - 59 г.

В течение вегетационного сезона проводился учёт состояния травостоя. Одним из важных показателей состояния травостоя является число побегов на единицу площади. Данные по этому показателю представлены в таблице 1.

Представленные данные показывают некоторое преимущество варианта с органоминеральным удобрением. В целом все три варианта достаточно хорошо растут на городской почве. Контроль вначале несколько уступает обоим вариантам с удобрениями. При этом имеется разница между вариантами с минеральными удобрениями и с ОМУ. Впоследствии происходит резкое (примерно в два раза) уменьшение числа побегов на всех вариантах. Данная тенденция наблюдалась и на других проводимых нами микроделяночных опытах и, по-видимому, связана с наличием ресурсов для роста трав и возможной конкуренцией между ними. Одновременно становятся близкими по значениям данного показателя все варианты, особенно вариант с минеральными удобрениями и контроль. Вариант с ОМУ, хотя и в меньшей степени, но всё же превосходит другие варианты.

Таблица 1. Число побегов на единицу площади в разных вариантах микроделяночного опыта

Варианты опыта	Число побегов на м <sup>2</sup> (среднее значение)	
	Первый учёт	Второй учёт
1. Контроль	6700	3900
2. Минеральные удобрения	7600	4000
3. Органоминеральное удобрение (ОМУ)	8000	4400

Данные учета фитомассы, полученной во время первого укоса травостоя, представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Величина надземной фитомассы травостоя в разных вариантах микроделяночного опыта (по данным первого укоса)

Варианты опыта	Величина надземной фитомассы, мг
1. Контроль	966
2. Минеральные удобрения	1774
3. Органоминеральное удобрение (ОМУ)	2942

Значения надземной фитомассы при первом укосе показывают, насколько быстро травостой развивается от момента посева до достижения оптимальной высоты. В данном случае внесение органоминерального удобрения способству-

ет лучшему росту травы. Хуже проявил себя вариант с минеральными удобрениями, и наименьшее значение данного показателя имеет контрольный вариант.

В целом можно сказать, что органоминеральное удобрение оказывает влияние на рост злакового травостоя, особенно в начальный период его развития. Впоследствии влияние как минерального, так и органоминерального удобрения уменьшается, хотя и не прекращается полностью. Возможно, имеет смысл рассмотреть необходимость дополнительного дробного внесения удобрений. В перспективе планируется исследование свойств почвы данного опыта и состояния травостоя в этом и последующем году.

#### **Список использованных источников**

1. Герасимова М. И., Строганова М. Н., Можарова Н. В., Прокофьева Т. В. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация). М., 2003. 268 с.
2. Иванова А.Е., Николаева В.В., Марфенина О.Е. Изменение целлюлозолитической активности городских почв в связи с изъятием растительного опада (на примере Москвы) // Почвоведение. 2015. № 5. с. 562-570
3. Люлин С.Ю., Селицкая О.В. Особенности микробных сообществ урбанизированных территорий на примере района Филёвская пойма города Москвы // Известия ТСХА. вып. 4., 2006. с. 125-133
4. Постановление Правительства Москвы от 10.09.2002 N 743-ПП (ред. от 07.12.2015) "Об утверждении Правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы" // consultant.ru
5. Почва, город, экология. М., 1997. 320 с
6. Яковлев А.С., Решетина Т.В., Сизов А.П., Прокофьева Т.В., Луковская Т.С., Самухина Т.М., Евдокимова М.В. Управление качеством городских почв: Учебно-методическое пособие. М., 2010. 96 с.

УДК: 631.1: 635.017: 635.15

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД**

**В.Н. Сельмен, А.В. Ильинский**

МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, пос. Солотча, Россия

Проблема поддержания бездефицитного баланса гумуса в почве земель сельскохозяйственного назначения во многом связана с нехваткой во многих регионах России традиционных форм органических удобрений (отходов животноводства, птицеводства и растениеводства). В этой связи поиск альтернативных источников органического вещества является важной задачей [3, 4, 6]. На каждого жителя планеты в год, в среднем, добывается около 20 т сырья, которое с использованием 800 т воды перерабатывается в продукты потребления, при этом примерно 90-98% из них в конечном итоге поступает в отходы [7].

Одним из резервов органического вещества и источника макро- и микроэлементов, позволяющего повысить плодородие деградированных сельскохозяйственных земель и увеличить урожайность растениеводческой продукции, могут служить осадки сточных вод коммунального хозяйства урбанизированных территорий [4]. Согласно ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, осадки сточных вод

(ОСВ) представляют собой твердую фракцию сточных вод (СВ), состоящую из органических и минеральных веществ, выделенных в процессе очистки СВ вод методом отстаивания, и комплекса микроорганизмов, участвовавших в процессе биологической очистки сточных вод и выведенных из технологического процесса. К факторам, сдерживающим широкое использование ОСВ в качестве удобрений в первую очередь можно отнести: их неудовлетворительные физические свойства с иловых площадок; вероятность повышенного содержания в них тяжёлых металлов (кадмий, свинец, хром, никель, ртуть и мышьяк); жёсткие требования по микробиологическим показателям и бенз(а)пирену; необходимость разработки для них технических условий, регламентов и их государственная экспертиза; недостаточная информированность потенциального потребителя об их удобрительной ценности, особенностях использования и токсикологической безопасности.

Ценность использования ОСВ в качестве органоминеральных удобрений обусловлена содержанием в них азота, фосфора, калия, а также присутствием комплекса микроэлементов, необходимых для нормального развития сельскохозяйственных растений (бор, молибден, марганец, цинк, медь и др.). Возможность повышенного содержания в них некоторых поллютантов может ограничить применение ОСВ в качестве удобрения, что связано с их токсичностью для растений и способностью к транслокации в товарную продукцию [5]. Поэтому основные технологические операции по переработке ОСВ должны быть, в первую очередь, направлены на получение товарного продукта, отвечающего требованиям санитарно-гигиенических нормативов и экологической безопасности [2]. В этой связи, использование ОСВ конкретных очистных сооружений в народном и, особенно, в сельском хозяйстве обуславливает необходимость детального изучения как их токсикологических и агрохимических характеристик, так и характеристик создаваемых на их основе органических удобрений. Кроме того, тщательной проработки требует изучение вопросов влияния ОСВ на агрохимические характеристики почв и санитарно-гигиенические показатели выращиваемой растениеводческой продукции. Решить обозначенные задачи можно только с помощью закладки и проведения многолетних стационарных испытаний. Данные о содержании усвояемых форм микроэлементов в основных почвах нашей страны [1] представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание усвояемых форм микроэлементов в почвах, мг/кг

Почва	B	Cu	Zn	Mn	Mg	Co
Дерново-подзолистая	0,08-0,38	0,05-5,0	0,12-20,0	50,0-150	0,04-0,97	0,12-3,0
Чернозём	0,38-1,58	4,5-10,0	0,10-0,25	1,0-75	0,02-0,33	1,10-2,2
Серозём	0,23-0,62	2,5-10,0	0,09-1,12	1,5-125	0,03-0,15	0,90-1,5
Каштановая	0,30-0,90	8,0-14,0	0,06-0,14	1,5-75	0,09-0,62	0,10-6,0
Бурая	0,38-1,95	6,0-12,0	0,03-0,20	1,5-75	0,06-0,12	0,57-2,25

Как видно из таблицы, содержание различных микроэлементов в почве в целом подвержено значительным колебаниям. По регионам также может отмечаться избыточное, либо недостаточное содержание элементов питания в почве, при этом в каждом конкретном случае наблюдается своё специфическое соотношение. Так, песчаные почвы и торфяники северной части Рязанской области и Мещерской низменности в целом характеризуются низким содержанием микроэлементов. По результатам агрохимического анализа на содержание микроэлементов в регионе, районе или сельскохозяйственном предприятии можно будет рассчитать потребность и дозы их внесения на конкретные почвенные участки. При этом ОСВ, помимо источника органического вещества, также могут стать удобным средством доставки на поля дефицитных макро- и микроэлементов. Для получения сбалансированного состава органоминерального удобрения под заказ конкретного хозяйства, с учётом предполагаемых к выращиванию культур, выполняются необходимые расчёты о количестве внесения дополнительных макро- и микроэлементов в партию органоминерального удобрения, произведенного на основе ОСВ.

Произведённые на основе осадков сточных вод в соответствии с технологическим регламентом и с учётом требований ГОСТ Р 53692 органические удобрения должны соответствовать технологическим условиям, а также требованиям стандарта ГОСТ Р 54651-2011 по токсикологическим, агрохимическим, физико-механическим, санитарно-гигиеническим показателям. На основе полученных результатов лабораторных исследований устанавливается принадлежность произведённых органических удобрений определённой группе. Так, органические удобрения, полученные на основе осадков сточных вод, *первой группы* разрешено применять для выращивания технических, кормовых, зерновых и сидеральных культур, а также в личном подсобном хозяйстве при выращивании рассады овощных и цветочных культур; удобрения *второй группы* разрешено использовать под посадки лесохозяйственных культур вдоль дорог, в питомниках лесных и декоративных культур, цветоводстве, для окультуривания истощённых почв, рекультивации нарушенных земель и откосов автомобильных дорог, рекультивации свалок твёрдых бытовых отходов при этом дозы их внесения рекомендованы стандартом ГОСТ Р 54651-2011.

Таким образом, использование органоминеральных удобрений, полученных на основе осадков сточных вод, в целях мелиорации и реабилитации деградированных земель, имеет высокую социальную, экономическую и экологическую привлекательность и требует как детального научного обоснования на начальном этапе работ и проведения полноценных полевых вегетационных экспериментов, так и подготовки, согласования рабочей документации для каждого конкретного случая.

#### **Список использованных источников**

1. Анспок П.И. Микроудобрения: Справочник.- 2-е изд., перераб. И доп. – Л.; Агропромиздат, 1990. – 272 с.
2. Ильинский, А.В. К вопросу повышения эффективности проведения работ по реабилитации техногенно загрязнённых земель с помощью внедрения современной системы комплексного

контроля / А.В. Ильинский, Д.В. Виноградов, Г.Д. Гогмачадзе // АгроЭкоИнфо. – 2016, №3. [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/3/st\\_320.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/3/st_320.doc).

3. Кирейчева Л.В. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапропеля для повышения плодородия деградированных почв / Л.В. Кирейчева, А.В. Нефедов, К.Н. Евсенкин, А.В. Ильинский, Д.В. Виноградов, Н.А. Иванникова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 3 (31). – С. 12–17.

4. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении [Текст] / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская // Учебное пособие для химических, химико-технологических и биологических спец. вузов. – М.: Высшая школа, 2002. – 234 с.

5. Практика рекультивации загрязненных земель / Под ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2012. – 604 с.

6. Сельмен, В.Н. Возможности применения биотехнологии в мелиорации / В.Н. Сельмен // Инженерная биология в современном мире. – 2011. – С. 152-154.

7. Экология, охрана природы и экологическая безопасность / под ред. В.И. Данилова-Данильяна. – М.: МНЭПУ, 1997. – 546 с

УДК: 633.581.426

## **НОВЫЕ СОРТА АРИДНЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПАСТБИЩНЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**Э.З. Шамсутдинова<sup>1</sup>, Н.З. Шамсутдинов<sup>2</sup>, М.М. Шагаипов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса», г. Лобня, Россия;

<sup>2</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В настоящее время более половины пастбищных экосистем серьезно нарушены. Многие ценные в кормовом отношении виды растений исчезли или стали редкими. Некогда флористически и фитоценологически полночленные растительные сообщества превратились в неполночленные биологические объединения. Почвы сильно истощены, большая потеря гумуса, и они не восполняются. Ветровой эрозии подвержено 60% пастбищных земель, более 50% почв в той или иной степени засолены [1-4].

Такое неудовлетворительное состояние пастбищных экосистем на обширных аридных территориях России выдвигает задачу разработки адаптивных технологий фитомелиорации деградированных пастбищных агроландшафтов с использованием новых сортов аридных кормовых растений [5, 6].

Учеными Всероссийского НИИ кормов им. В.Р. Вильямса, Всероссийского НИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, Калмыцкого НИИ сельского хозяйства в рамках единой программы выведены 20 новых сортов кормовых кустарников, полукустарничков и ксерогалофильных трав исключительно устойчивых к солевому стрессу и дефициту влаги, способных формировать в условиях Прикаспийской полупустыни при годовой сумме осадков 180-250 мм 18-20 ц/га сухой поедаемой кормовой массы при продуктивности естественных пастбищ – 1,5-3,0 ц/га.

К ним относятся кормовые кустарники: саксаул черный (*Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Pjin) сорт Нортуга, джужгун безлистный (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Guerke) сорт Цаг; полукустарник терескен серый (*Eurotia ceratoides* (L.) Schrad.) сорта Фаворит, Тулкин, Бар; полукустарнички: прутняк простертый (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) сорт Бархан, солянка восточная (*Salsola orientalis* S.G. Gmel.) сорта Саланг, Оваця, камфоросма Лессинга (*Camphorosma lessingii* Litv.) сорта Ногана, Алсу, полынь солончаковая (*Artemisia halophila* Krasch.) сорт Сонет, полынь белая (*Artemisia lerchiana* Web.) сорт Цаган; ксерофильные травы: кохия веничная (*Kochia scoparia* L.) сорта Дельта, Исток, сведа высокая (*Suaeda altissima* (L.) Pall.) сорт Земфира, солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.) сорт Фортуна, колосняк гигантский (*Leymus racemosus* (Lam.) Tzvel.) сорт Лу, овсяница бороздчатая (*Festuca rupicola* Neff.) сорт Алтн, эстрагон кормовой (*Artemisia dracunculus* L.) сорт Нарн [5, 6].

При разных хозяйственных параметрах эти сорта характеризуются высокой общей устойчивостью к комплексу абиотических стрессов. Их повышенная экологическая устойчивость и относительно высокая продуктивность в условиях аридного климата и низкого плодородия почв обеспечиваются такими биоэкологическими механизмами, как глубокопроникающая корневая система (3-5м), продуктивное использование запасов почвенной влаги, способность к осуществлению фотосинтеза с положительным балансом при сверхвысоких температурах (40-45°C и выше), принадлежностью их к C<sub>4</sub>-типу фотосинтеза, а также способностью к эстафетной передаче ассимиляционных функций от одного вида и сорта к другому в условиях многокомпонентных пастбищных экосистем. Эти эколого-биологические и физиолого-биохимические свойства созданных сортов аридных кормовых растений обуславливают их повышенную конкурентную способность и формирование высоких урожаев кормовой массы и семян в условиях аридного климата Северо-Западного Прикаспия [5, 7].

Используя новые сорта аридных кормовых растений, разработаны адаптивные технологии фитомелиорации деградированных пастбищ в сухостепной и полупустынной зонах российского Прикаспия.

**1. Фитомелиорация деградированных пастбищ на основе формирования пастбищных экосистем весенне-летнего срока использования.** Такие пастбищные экосистемы закладываются в районах, где естественные кормовые угодья характеризуются низкой продуктивностью в летний период. При этом используются ксерогалофитные полукустарнички - засухо- и солеустойчивые сорта кормовых галофитов (кохия простёртая (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.), камфоросма Лессинга (*Camphorosma lessingii* Litv.), солянка восточная (*Salsola orientalis* S. G. Gmel.), терескен серый (*Eurotia ceratoides* Losinsk.) и многолетние травы - житняки песчаный (*Agropyron sibiricum*), пустынный (*A. desertorum*), гребенчатый (*A. pectinatum*), овсяница бороздчатая (*Festuca rupicola*), в соотношении 70 и 30%. Средняя урожайность весенне-летних пастбищ в полупустынной зоне российского Прикаспия составляет 1,0-1,5 т/га сухой кормовой массы (в неблагоприятные годы она не ниже 0,6-0,8 т/га), при урожайности естественных пастбищ (контроль) – 0,30 т/га [2, 4].

**2. Фитомелиорация слабодegradированных пастбищ путем узкополосного рыхления почвы.** Технология ускоренной экологической реставрации слабонарушенных пастбищных экосистем заключается в полосном рыхлении пастбищных земель на плотных почвах путем внедрения в состав существующих флористически и ценотически неполночленных травостоев зонально типичных растений, принадлежащих к разным жизненным формам (кустарники, полукустарники и многолетние травы). В этих целях почва обрабатывается полосой шириной 20-25 см (обрабатывается 28-35% площади по отношению к мелиорируемым пастбищам). Введение во флористически и ценотически неполночленные пастбищные экосистемы зонально типичных кормовых полукустарников (кохия простёртая, камфоросма Лессинга, полынь Лерха) обеспечивает формирование прутняково-камфоросмово-полынно-травяного сообщества, и, как следствие этого, резкое увеличение объема используемых экологических ниш, занимаемых вновь сформированными фитоценозами, и повышение их кормовой производительности. Обогащенные пастбищные экосистемы накапливают 1,5-2,5 т/га сухого вещества, что в 6-8 раз превышает продуктивность естественных, неуллучшенных пастбищ [1].

Данная биогеоценоценология восстановления продуктивности нарушенных пастбищных экосистем в зонах полупустынь и сухих степей, основанная на методе частичной полосной обработки почвы с введением в существующий травостой растений различных жизненных форм (полукустарников и трав разной адаптивной стратегии), является экологически оправданным, биосферосовместимым, экономически выгодным мероприятием, обеспечивающим восстановление ботанического разнообразия, значительное повышение кормовой продуктивности и овцеемкости природных пастбищ аридных зон Российской Федерации.

#### **Список использованных источников**

1. Ресурсосберегающие способы улучшения и использования сенокосов и пастбищ поволжского района / Зотов А.А., Шамсутдинов З.Ш., Косолапов В.М. и др. Руководство / Москва, 2011.
2. Зотов А.А., Шамсутдинов Н.З., Хамидов А.А., Шамсутдинов З.Ш., Орловский Н.С. Методы комплексной оценки природных пастбищных экосистем // Аридные экосистемы. 2009. Т. 15. № 38. С. 39-51.
3. Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. Биотическая мелиорация засоленно-солонцовых почв с использованием галофитов (обзор зарубежного опыта) // Аридные экосистемы. 2008. Т. 14. № 35-36. С. 18-33.
4. Енсен Н.П., Карти Д.Д., Мартин Р., Руддер К., Шамсутдинов З., Шамсутдинов Н. Об использовании галофитов для реабилитации земель солеуглеводородного загрязнения и производства кормов // Сельскохозяйственная биология. 2004. № 6. С. 78-91.
5. Шамсутдинов Н.З. Генетические ресурсы и проблемы селекции кормовых галофитов // Аридные экосистемы. 2006. Т. 12. № 30-31. С. 103-112.
6. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Методы экологической реставрации аридных экосистем в районах пастбищного животноводства // Степной бюллетень. – 2002. – №11.
7. Головатый В.Г., Шамсутдинов Н.З., Худякова Х.К., Балнокин Ю.В., Горячева Н.Ю. Влияние доз минеральных удобрений, водообеспеченности и засоления на продуктивность галофита сведы высокой // Агрехимия. 2005. № 6. С. 59-65.

# ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

УДК 551.579

## МОНИТОРИНГ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

**М.Р. Барамыков**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

По данным ежегодных докладов Всемирной метеорологической организации (ВМО) о состоянии климата [1], совершенно отчетливо видна тенденция постоянного роста средней температуры воздуха на планете (рисунок 1).

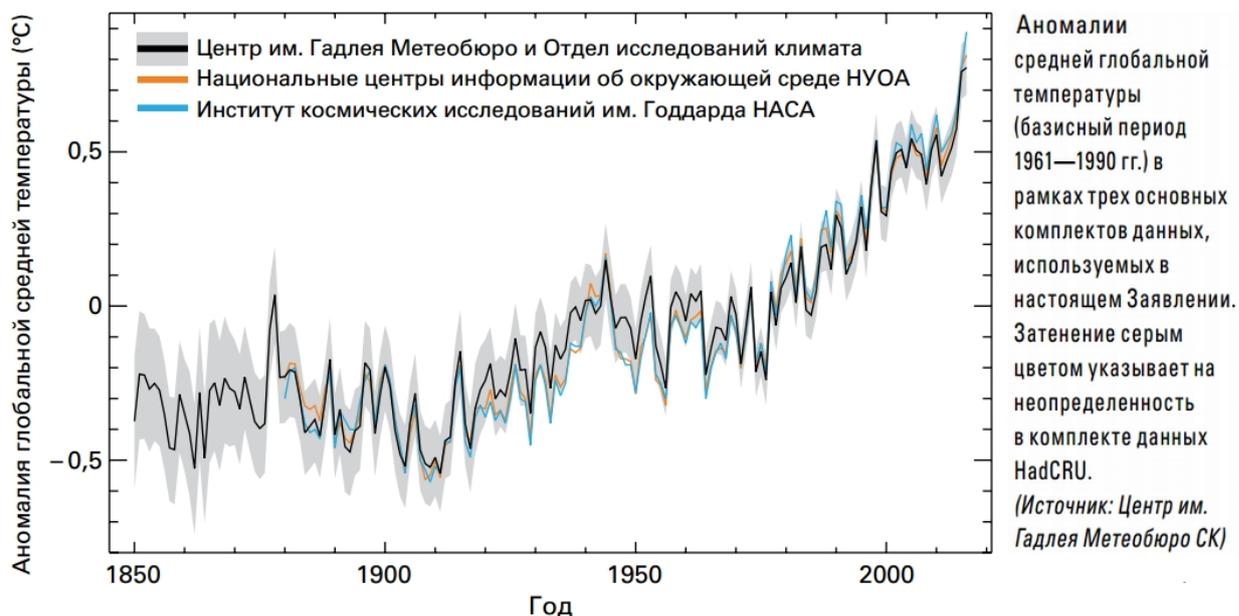


Рисунок 1 - Тенденция постоянного роста средней температуры воздуха на планете (Источник: ВМО-№1189)

Подобные изменения влияют на значения различных характеристик, находящихся во взаимной зависимости в условиях гидрологического цикла. Такие изменения оказывают влияние, в том числе на состояние рек, являющихся источником критически необходимого для жизни ресурса – пресной воды.

Увеличение температуры воздуха приводит к более интенсивному таянию снега в весенний период, как следствие - образованию больших объемов воды на водосборной площади, которые, быстро насыщая верхний слой почвы (или из-за почвы, не успевшей оттаять за это время), продолжают дальнейшее движение к руслу реки по поверхности земли. Потоки, движущиеся по поверхности, обладают большими скоростями, чем фильтрующиеся через почвенные слои, а значит достигают русла быстрее и большими объемами. Следствием

этого является резкий подъем уровня и большие расходы в реке (паводковая волна), которые увеличивают нагрузку на гидротехнические сооружения. Скорости таких потоков могут достигать значений, при которых они способны размывать верхний слой почвы (водная эрозия) и, обладая при этом высокой транспортирующей способностью, уносят размывтый грунт в реку, значительно повышая мутность реки [2]. В итоге таких процессов происходит:

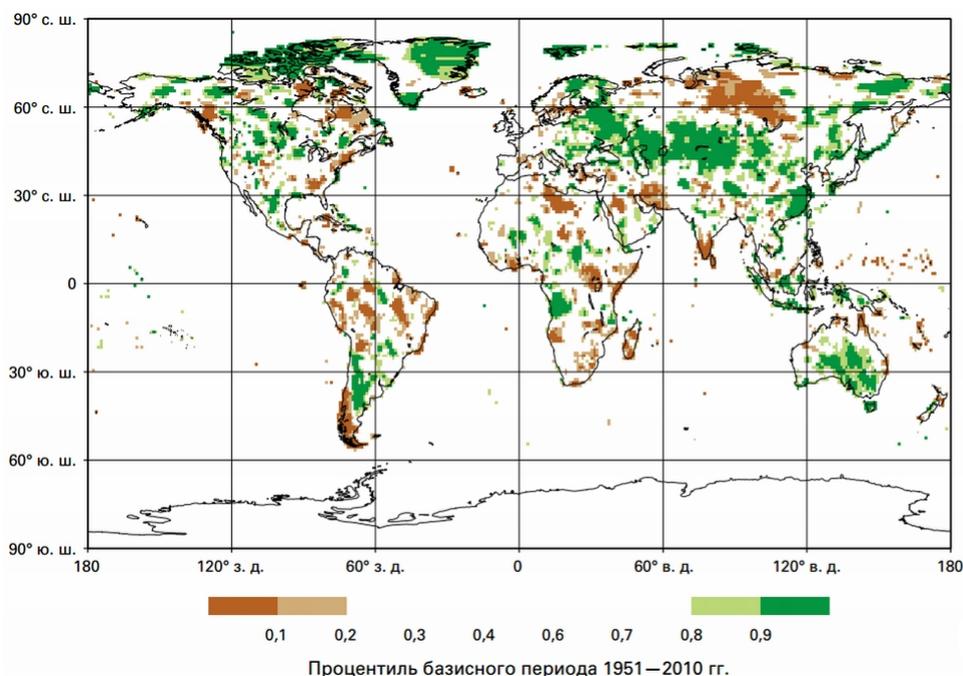
- размыв плодородного слоя почвы, как следствие - деградация плодородных земель;

- быстрое поднятие уровня реки и резкое увеличение расходов воды, что может привести к разрушительным последствиям на гидротехнических сооружениях [3, 4] и затоплению территорий;

- одновременное увеличение концентрации взвешенных наносов в потоке способно привести к быстрому заилению речного русла, водохранилищ, увеличению затрат на очистку воды и т.д.

Рост температуры воздуха приводит к более интенсивному испарению влаги и одновременному увеличению его влагоемкости, что позволяет накапливаться большим объемам водяного пара в воздухе. Воздух с большей температурой обладает меньшей плотностью, что заставляет его подниматься выше в атмосфере, но такое поднятие необходимо для конденсации больших объемов водяного пара. Эти воздушные массы по мере поднятия в атмосфере могут переноситься на большие расстояния, т.е. перемещаться на водосборные площади других рек. После конденсации в виде осадков будут выпадать большие объемы воды с последствиями, описанными выше. Совокупность указанных явлений приведет к увеличению частоты и амплитуды засушливых и влажных периодов в течение года, а также изменит картину распределения засушливых и влажных территорий (рисунок 2).

Следует учесть, что подобные процессы имеют аккумулярующие и инерционные свойства, что усиливает их последствия. Все это в перспективе может отрицательно сказаться на состоянии рек и почвы, как следствие - на всех сферах жизнедеятельности на данной территории, зависящих от состояния указанных объектов. Увеличение средней температуры воздуха влияет на различные величины, участвующие в гидрологическом цикле, изменение которых потребует существенных материальных затрат на адаптацию к ним и устранению возможных неблагоприятных последствий. Поэтому, чтобы максимально уменьшить или избежать предполагаемых издержек, необходимо выработать комплекс мер по адаптации к будущим трансформациям для обеспечения, использования и потребления воды. Учитывая, что основным источником пресной воды являются реки, очевидна необходимость повышенного внимания к состоянию этих природных объектов. Однако выработка необходимых мер по регулированию водопотребления и обеспечению безопасности гидротехнических сооружений [5] должна рассматриваться как создание целостного комплекса, начиная со сбора, накопления, а далее анализа данных, составления прогнозов и выработки оптимальных решений.



Годовое суммарное количество осадков, выраженное в виде процентля базисного периода 1951—2010 гг., для районов, в которых в течение базисного периода было бы 20 % самых засушливых (коричневый цвет) и 20 % самых влажных (зеленый цвет) лет, при этом более темными оттенками коричневого и зеленого цветов показаны самые засушливые и самые влажные 10 % соответственно.  
(Источник: Глобальный центр климатологии осадков, Метеорологическая служба Германии, Германия)

Рисунок 2 - Распределение засушливых и влажных территорий на планете  
(Источник: ВМО-№1189)

Описываемый комплекс можно разделить на две основные составляющие:

1. приборную;
2. программную.

Приборная составляющая может являться системой приборов, расположенных в пределах водосборной площади, для постоянного измерения меняющихся гидрологических и метеорологических характеристик, в которой предусмотрена возможность оперативного сбора полученной информации или ее передача в базу данных общей системы. С технической стороны создание такого комплекса включает:

- пересмотр принципов и требований к расположению и распределению станций наблюдения по всей водосборной площади с учетом сопоставимости полученных данных по времени и месту их наблюдения;
- оснащение современными измерительными приборами, с поддержкой современных способов передачи полученных данных;
- комплектующие, которые будут использоваться для создания программной составляющей.

Программная часть может состоять из современных вычислительных средств, позволяющих разрабатывать, отлаживать и использовать модели, учитывающие непрерывно поступающие данные наблюдений и посредством заложенных алгоритмов прогнозировать события и их последствия, а также предлагать возможные решения.

В состав программной составляющей должны входить:

- база данных, по накоплению значений статических и динамических характеристик;

- модели анализа полученных данных и составления прогнозов на различные временные перспективы;
- алгоритмы принятия решений.

К статическим данным относятся характеристики, которые слабо меняются в течение долгих периодов времени и не требуют частых измерений:

- плановые координаты и высотные отметки поверхности водосборной площади, русла рек, характерных точек местности;
- состав и свойства почв;
- состав и свойства растительности;
- гидротехнические сооружения, их характеристики и т.п.
- экологические требования к среде обитания представителей флоры и фауны.

Динамическими данными являются значения постоянно изменяющихся характеристик:

- гидрологические;
- метеорологические;
- данные о потребности в пресной воде всех потребителей с учетом качества, времени и объемов;

Разработанный комплекс направлен на прогнозирование смоделированных ситуаций для различных временных периодов. Комплекс также позволит находить оптимальное решение по распределению и регулированию водных ресурсов с учетом различных потребностей. Другой характерной чертой такого комплекса должна быть высокая оперативность, благодаря которой все заинтересованные стороны будут информироваться о необходимых действиях для обеспечения оптимального водопользования и требуемой безопасности гидротехнических сооружений. Подобные системы должны создаваться для каждой реки в отдельности.

Получение качественных данных позволит создавать на их основе более адекватные модели и составлять реалистичные прогнозы с большей вероятностью возникновения тех или иных событий, а также принимать наиболее эффективные решения в различных ситуациях. Благодаря накопленным данным, такие комплексы будут иметь большое значение для научного изучения гидрологического цикла в частности и климата в целом, позволят лучше узнать их закономерности и взаимозависимости.

Пресная вода, являясь важнейшим ресурсом для жизни человека, используемым практически во всех областях его деятельности, особенно направленных на поддержание здоровья и качества жизни, обуславливает необходимость создания подобного комплекса и системы мониторинга, которая поможет приспособиться к дальнейшим изменениям климата. Рациональный подход к использованию водных ресурсов предполагает, в том числе, увеличение точности водоучета [6], что в свою очередь вызывает необходимость разработки более точных методов и приборов. Созданный комплекс по прогнозированию и принятию решений позволит рационально использовать водные ресурсы при их ограниченности и обеспечить безопасность при избытке. Затраты на разработ-

ку, внедрение и эксплуатацию такого комплекса являются перспективным вложением для обеспечения необходимого качества жизни в будущем.

#### Список использованных источников

1. Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2016 году, ВМО-№1189 // [https://library.wmo.int/opac/doc\\_num.php?explnum\\_id=3501](https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3501)
2. Щербаков А.О. Перенос и распределение взвеси в открытом потоке. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова. Москва, 1989
3. Барамыков М.Р. К вопросу об определении расхода воды в открытых потоках / В сб. Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. Материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 49-53.
4. Щербаков А.О., Медведев С.С. Разработка новых способов регулирования твердого и жидкого стока на гидромелиоративных системах. / В сб. Комплексные мелиорации - средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель Материалы юбилейной международной научно-практической конференции. ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». 2014. С. 255-263.
5. Кушер А.М., Барамыков М.Р. К вопросу о предельном затоплении гидрометрического сооружения. / В сб. Инновационные технологии в мелиорации. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». 2011. С. 515-518.
6. Кушер А.М. Моделирование гидрометрических сооружений в каналах водохозяйственных систем / Мелиорация и водное хозяйство. 2015. №6. С. 19-23.

УДК 631.6

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИРРИГАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

**О.Я. Гловацкий, Е.А. Печейкина, Ш.Р. Рустамов**  
НИИИВП при ТИИМСХ, г. Ташкент, Узбекистан

В связи с исчерпанием ресурса оборудования насосных станций (НС) Республики Узбекистан до 50...85% проблема управления надежностью становится чрезвычайно актуальной. В НИИИВП в 2011-15 гг. проводятся работы по указанной проблеме [1,2].

НС является сложным техническим сооружением, включающим много разнородных сооружений, которые в свою очередь могут быть представлены в виде системы элементов, влияющих на надежность НС. При наличии требований по надежности возникает задача подтверждения этих требований на основе анализа результатов работы НС, их систем и сооружений. В самом тяжелом случае, когда обеспечивается максимальная подача при отсутствии резервирования, схему надежности НС можно представить как последовательное соединение элементов. В этом случае вероятность безотказной работы НС определяют по формуле:

$$P = \prod_{i=1}^{i=n} P_i \quad (1)$$

Число элементов  $n$ , входящее в формулу (1), может быть весьма большим. Вероятность безотказной работы каждого элемента меньше единицы, поэтому, чем больше рассматривается элементов, тем ниже надежность НС. Отметим, что аналогичная картина получается в целом и для всей мелиоративной системы. Отсюда следует вывод: с расширением наших знаний о протекающих в каждом элементе НС процессах и об их влиянии на его надежность, оцениваемая по формуле (1) надежность НС снижается. И наоборот, если изучается предельно ограниченное число элементов НС (один-два), то оценка надежности возрастает. Это свидетельствует о том, что использование формулы (1) не способствует глубокому исследованию надежности НС как сложного технического сооружения. Учитывая эту ограниченность формулы (1), исследователи прибегают к искусственным упрощениям, вводя, например, понятие основных и второстепенных для надежности элементов. Надежность основных элементов исследуется, второстепенных же приравнивается к единице. Часто в качестве основных элементов рассматривают только главные сооружения НС. Однако опыт эксплуатации НС показывает, что второстепенных для надежности элементов нет.

Анализ и оценка надежности ряда сложных технических систем с разнородными по физическим процессам элементами показали целесообразность использования трех показателей надежности элемента: нижней границы доверительного интервала вероятности безотказной работы, ее точечной оценки и доверительной вероятности  $\gamma$ , с которой определяются нижняя граница и точечная оценка.

Задачу определения нижней границы  $P_H$  для сложной системы, состоящей из  $n$  последовательно соединенных элементов, можно решить совершенно точно, однако это весьма затруднительно при инженерной оценке надежности. Согласно многочисленным расчетам довольно близкие результаты к точному решению дает следующая формула:

$$P_H = \left( P_{Hi} / \hat{P}_i \right)_{\text{МИН}} \prod_{i=1}^{i=n} \hat{P}_i \quad (2)$$

где:  $P_{Hi}$ ,  $\hat{P}_i$ , - нижняя граница и точечная оценка вероятности безотказной работы  $i$ -го элемента.

Способы расчета  $P_{Hi}$  и  $\hat{P}_i$  при заданной доверительной вероятности  $\gamma$  (обычно  $\gamma = 0,9$ ) изложены в литературе [1,2].

При использовании формулы (2) надежность НС, характеризуемая нижней границей вероятности безотказной работы при доверительной вероятности  $\gamma$ , определяется минимальным значением отношения  $P_{Hi} / \hat{P}_i$  и произведением  $\hat{P}_i$  элементов НС. Элемент, характеризующийся минимальным значением указанных показателей надежности, лимитирует надежность НС.

Если точечные оценки  $\hat{P}_i$  всех элементов равны единице, оценка надежности НС сводится к анализу надежности лимитирующего элемента, т.е. формула

(2) лишена недостатков формулы (1). Увеличение числа рассматриваемых элементов НС принципиально не ведет к занижению оценки ее надежности.

В качестве примера оценим надежность НС, схема которой представлена как последовательное соединение десяти элементов (таблица). Лимитирующий элемент – сороудерживающее сооружение и сифонный водовыпуск.

Таблица – Значения надежности элементов НС

Элемент	$P_{Hi}$	Элемент	$P_{Hi}$
Подводящий канал	0,93	Здание НС с агрегатами	0,94
Аванкамера	0,92	Напорный водовод	0,98
Всасывающая труба	0,91	Сифонный водовыпуск	0,85
Сороудерживающее сооружение	0,85	Магистральный канал	0,97
Водоприёмник	0,89	Электростанция	0,99

На основе многолетнего опыта эксплуатации НС установлено, что наиболее сложные защитные мероприятия требуются для борьбы с наносами и плавником [1, 2]. При обследовании ряда водозаборных узлов ирригационных систем сотрудники института повсеместно наблюдали заиливание водоприемников и засорение решеток плавающими предметами, древесным мусором и льдом. В Узбекистане особенно интенсивно заиливаются аванкамеры Алатской, Каракульской и Бек-Ябской НС. Воронкообразование у приемных аванкамер наблюдалось авторами на НС Аму-Бухара, Яманжар, Баяут и др. По данным НИИИВП, перепады на решетках НС достигают метра и более, на НС это неоднократно приводило к поломке решеток и авариям. Дискретная очистка не справляется с большим объемом плавника, т.к. во время очистки одного локального скопления мусора другая часть решетки усиленно забивается им по всей глубине межстержневого пространства, вызывая недопустимый перепад уровней воды (УВ). Таким образом, это не обеспечивает требуемой надежности очистки, и вызывает постоянный перепад УВ.

Повышение надежности сорозащиты достигается новыми решетками и грейферами конструкции НИИИВП [2].

На крупных НС Республики Узбекистан наиболее распространенными являются сифонные водовыпуски, которые применены на Амубухарском (АБМК), Каршинском (КМК), Аму-Каракульском, Шерабадском и других каналах. Это требует надежной конструкции клапанов срыва вакуума (КСВ), обеспечивающей энергосберегающие и надежные методы эксплуатации при рабочих диапазонах УВ верхнего бьефа. На головной части КМК за 35 лет эксплуатации были опробованы практически все типы КСВ, известные в настоящее время: с механическим приводом, электропневматического типа, гидравлические клапаны шести модификаций ВНИИГиМ [3]. Наиболее совершенными по совокупности достоинств являются гидравлические устройства для срыва

вакуума. Они не имеют подвижных частей, не нуждаются в техническом обслуживании.

#### **Список использованных источников**

1. Гловацкий О.Я., Эргашев Р.Р., Рустамов Ш.Р. Повышение надёжности эксплуатации и водосбережения ирригационных насосных станций / Водные ресурсы и водопользование № 3. – Астана. 2015. С. 37-40.
2. Glovatsky O.Ya., Ergashev R.R. Reliability assessment and measures for resources-saving on water lifting engine systems in the republic of Uzbekistan / Journal «Perspectives of Innovations, Economics and Business» Volume 4. Issue 1. – Prague. 2010. PP. 111-113.
3. Некрасов В.М., Гловацкий О.Я. Рекомендации по проектированию сифонных водовыпускных сооружений насосных станций // ВНИИГиМ, М., 1982. 28 с.

УДК 631.6

## **АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

**Н.П. Карпенко**

ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Под управлением геоэкологическими рисками понимается разработка управленческих решений по научному обоснованию комплекса различных мероприятий, реализация которых позволит снизить риск развития неблагоприятных последствий, обеспечить и повысить экологическую безопасность и надежность функционирования мелиоративных систем [1, 2].

Основными задачами управления геоэкологическими рисками на оросительных системах являются: изучение принципов и методов управления геоэкологическими рисками; анализ и разработка способов управления геоэкологическими рисками. Задачу управления геоэкологическими рисками следует рассматривать как задачу оптимизации, определив некоторую интегральную оценку геоэкологического риска.

Управление геоэкологическими рисками – это комплекс научных исследований, связанных с идентификацией рисков и принятием решений, которые включают максимизацию положительных и минимизацию (смягчение или компенсацию) отрицательных последствий воздействия оросительных мелиораций. Принимать и учитывать геоэкологические риски на оросительных системах необходимо как при проектировании и создании оросительных систем, так и в период их функционирования в процессе эксплуатации [3].

Важное правило при управлении геоэкологическими рисками на оросительных системах нового поколения – не избегать риска, а предвидеть его, стремясь к возможно более низкой величине (допустимого и приемлемого) риска. Это требует грамотного управления геоэкологическими рисками, т.е. своевременного предвидения, заблаговременного выявления неопределенно-

стей и их последствий для разработки и реализации управленческих решений по их снижению.

Алгоритм управления геоэкологическими рисками при создании и эксплуатации оросительных систем нового поколения состоит из нескольких последовательных этапов (рисунок).

При разработке алгоритма управления геоэкологическими рисками при создании и эксплуатации оросительных систем нового поколения следует рассматривать две базовые процедуры [4]:

- процедуру анализа и идентификации геоэкологического риска;
- процедуру принятия решения по снижению негативных последствий путем разработки и внедрения комплекса мероприятий (природоохранных, административно-правовых и экономических).

Процедура идентификации геоэкологических рисков представляет собой оценку рисков на информационном уровне, на котором проводится оценка геоэкологического риска на основе массивов данных для проведения имитационного моделирования различных сценариев мелиоративных воздействий, позволяющего учесть фактор неопределенности природных процессов и параметров:

– массива исходной информации о воздействующих мелиоративных и агро-мелиоративных мероприятиях на оросительных системах;

– массива исходной информации о характеристиках природных условий оросительных систем, система показателей которого включает фильтрационные, емкостные и физико-механические свойства и характеристики природных компонент;

– массива исходной информации по оценке вещественно-энергетических характеристик почв.

Информационная база этих данных является основой для схематизации и проведения сценарных исследований имитационного моделирования и прогнозирования на постоянно действующих моделях для изучения возникновения негативных последствий мелиоративной деятельности.

Проведенные сценарные исследования дают возможность на синтезированных тематических картах различного назначения выделить площади и масштабы пораженности негативными процессами и оценить риски возникновения негативных процессов (подъема уровней грунтовых вод, подпора вблизи магистральных каналов, активизации поверхностного смыва почв, зон подтопления, засоления, загрязнения почв, сработки гумуса почв и т.д.).

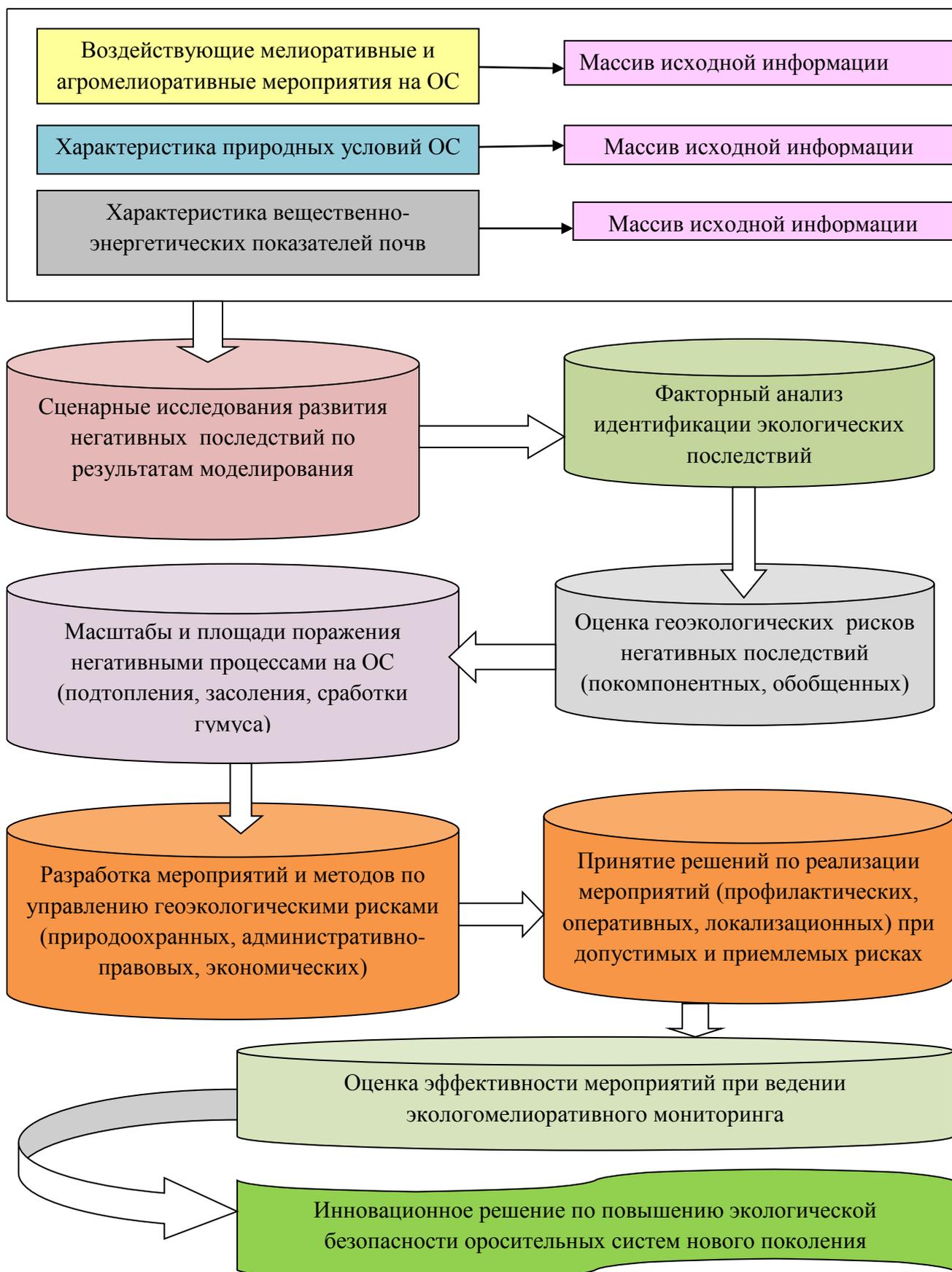


Рисунок - Алгоритм управления геоэкологическими рисками при создании и эксплуатации оросительных систем нового поколения

Полученные результаты являются основанием для оценки уровня опасности и масштаба покомпонентного и обобщенного геоэкологического риска на оросительных системах [5].

Таким образом, основой сохранения и повышения экологической безопасности и надежности оросительных систем нового поколения является система оценки и управления геоэкологическими рисками, позволяющая в значительной степени уменьшить размеры экологических ущербов на мелиоративных системах.

#### **Список использованных источников**

1. Карпенко Н.П. Геоэкологический риск: анализ, оценки, управление. Монография. – Palmarium Academic Publishing. – 2014. – 145 с.
2. Карпенко Н.П. Структура и оценка геоэкологических рисков // Природообустройство. – 2009. – № 3. – С.45-50.
3. Карпенко Н.П. Управление техноприродными системами на основе геоэкологических рисков. – Труды XVIII Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем», Москва, декабрь 2010. – М.: РГГУ. – 2010. – с. 312-316.
4. Карпенко Н.П., Манукьян Д.А. Управление геоэкологическими рисками – основа экологической безопасности функционирования мелиоративных систем // Вестник РАСХН. – 2010. – № 6. – С. 63-66.
5. Карпенко Н.П. Основные пути повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения // Природообустройство». – 2016. – № 3. – С.97-103.

УДК 624.011.78

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ**

**Л.В. Кирейчева<sup>1</sup>, А.С. Кравченко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>НОУ «Академия безопасности ГТС», г. Новочеркасск, Россия

В настоящее время при проведении очистки малых рек перспективное применение получили геотекстильные контейнеры из фильтрующих материалов в сочетании с гидромеханизированным способом разработки донных отложений [1]. Конструкция геотекстильного контейнера позволяет отделять влагу и удерживать твердые частицы донных отложений внутри, что предотвращает загрязнение прибрежных территорий (рис. 1).

Основным преимуществом геотекстильных фильтрующих контейнеров является их мобильность и компактность, что позволяет сократить площадь территории, отводимую под размещение донных отложений, и производить работы в труднодоступных местах: плотная застройка, рекреационные зоны, неровная поверхность и т.д. [2]. Для создания геотекстильного контейнера была использована отечественная техническая ткань ТЛФ-5-2 производства «Курской фабрики технических тканей» [3], которая не уступает по своим физико-механическим свойствам зарубежному геотекстильному материалу GeolonPP80

голландской компании TenCate [4] и считается одним из лучших геосинтетиков в мире (табл. 1).

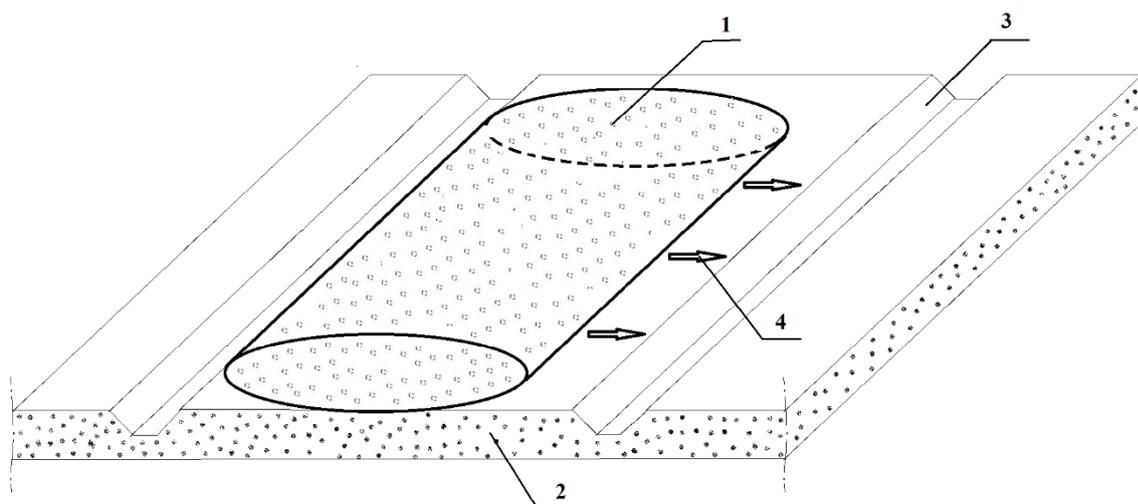


Рисунок 1 - Отвод воды через фильтрующие стенки контейнера на дренирующей поверхности:

1 – геотекстильный контейнер; 2 – дренирующая поверхность; 3 – сбросная траншея для передачи стока в отстойник или русло; 4 – отвод влаги через стенки контейнера в траншею

Таблица 1 – Сравнение отечественных тканей с геотканями GeolonPP80 [5]

Тип ткани	Средняя разрывная нагрузка, кН/м		Относительное удлинение при нагрузке, %		Ориентировочная стоимость, м <sup>2</sup> /руб.
	по основе	по утку	по основе	по утку	
Geolon PP 80	88	86	9	9	260,0
ТЛФ-5-2	152,0	80,0	16	10	190,0

В настоящее время фильтрующая техническая ткань отечественного производства, согласно российским ГОСТам, не контролируется и не испытывается по показателю – «степень фильтрации». Данный показатель является одной из основных характеристик геотекстильного фильтрующего контейнера. Не зная коэффициента фильтрации невозможно рассчитать время обезвоживания и необходимый объем донных отложений, и соответственно определить время проведения работ по удалению донных отложений. Не изучена также и степень кольматации исследуемых тканевых материалов, что также отражается на эффективности проведения работ.

Для определения фильтрующей способности тканей ТЛФ-5-2 и GeolonPP80 нами проведены лабораторные исследования на геометрически подобных физических моделях со следующими параметрами: ширина – 40 см, высота – 60 см. В контейнеры помещались иловые отложения (пульпа консистенцией 1:6), которая была отобрана из реки Темерник в г. Ростов-на-Дону в районе моста по ул. Зоологической. Место отбора ила выбрано перед подпорным

сооружением № 2, как наиболее загрязненное при накоплении донных наносов (рис. 2).

Опытные контейнеры из тканей ТЛФ-5-2 и GeolonPP80 были наполнены пульпой объемом по 30 л каждый, до высоты по стенке конструкции 50 см. Затем наполненные контейнеры подвешивались на штатив и под каждый из них помещался поддон для сбора фильтрата.



Рисунок 2 - Подпорное сооружение № 2 по ул. Зоологической

В процессе проведения эксперимента измерялись объем и высоты пульпы в гибких конструкциях с течением времени, температура воздуха в помещении и объем фильтрата (табл. 2).

Было установлено, что время активного отделения фильтрата составило первые 5 часов. Степень фильтрации рассчитывалась за время активного обезвоживания иловых отложений и составила: для ткани ТЛФ-5-2 – 0,28 л/(м<sup>2</sup>\*с); для ткани Geolon PP80 – 0,17 л/(м<sup>2</sup>\*с). Наилучшие результаты обезвоживания илистых донных отложений получены для ткани отечественного производства ТЛФ-5-2.

После обезвоживания ила из гибких опытных конструкций были вырезаны образцы ткани для определения размера пор и оценки степени ее кольматации. Для этого образцы ткани исследовались под стереомикроскопом марки «Stemi 2000С» при 25-кратном увеличении (рис. 3, 4). Исследования показали, что средний размер пор у ткани ТЛФ-5-2 составляет 250 микрон, а у ткани Geolon PP80 около 300 микрон. Проникновения в поры твердых илистых ча-

стиц не обнаружено, что позволяет судить о возможности повторного использования контейнеров из испытуемых материалов для обезвоживания илистых отложений.

Таблица 2 – Изменение объема иловых отложений в процессе обезвоживания

№	Время измерений	Тем-ра, t °С	Образец из ткани ТЛФ-5-2		Образец из ткани GeolonPP80	
			Высота, см	Объем, см <sup>2</sup>	Высота, см	Объем, см <sup>2</sup>
1	24.02.17 9:00	+ 4	50,0	30 000,0	50,0	30 000,0
2	9:30	+ 4	41,9	25140,0	45,0	27000,0
3	10:00	+ 5	34,0	20400,0	42,0	25200,0
4	11:00	+ 5	26,0	15600,0	39,0	23400,0
5	12:00	+ 7	19,5	11700,0	36,5	21900,0
6	13:00	+ 7	18,0	10800,0	33,4	20040,0
7	15:00	+ 7	16,5	9900,0	30,0	18000,0
8	19:00	+5	15,8	9480,0	24,8	14880,0
9	25.02.17 9:00	- 3	13,8	8280,0	21,8	13080,0
10	15:00	+ 2	13,00	7800,0	20,0	12000,0
11	26.02.17 9:00	+ 3	12,8	7680,0	18,2	10920,0
12	27.02.17 9:00	+ 3	12,8	7680,0	15,8	9480,0
13	28.02.17 9:00	+ 5	12,6	7560,0	14,0	8400,0

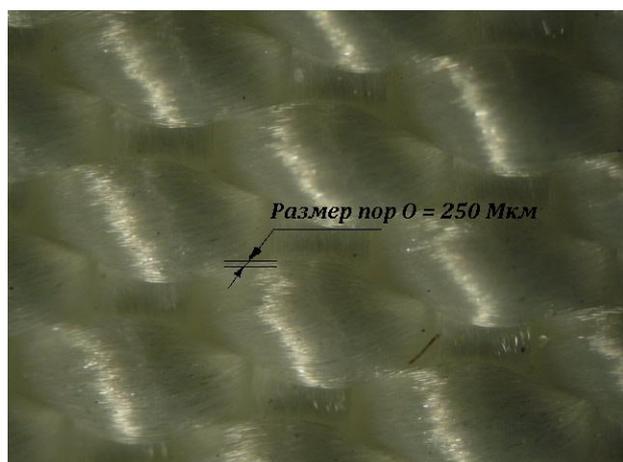


Рисунок 3 - Замер пор ткани ТЛФ-5-2 под микроскопом (ув. x25)

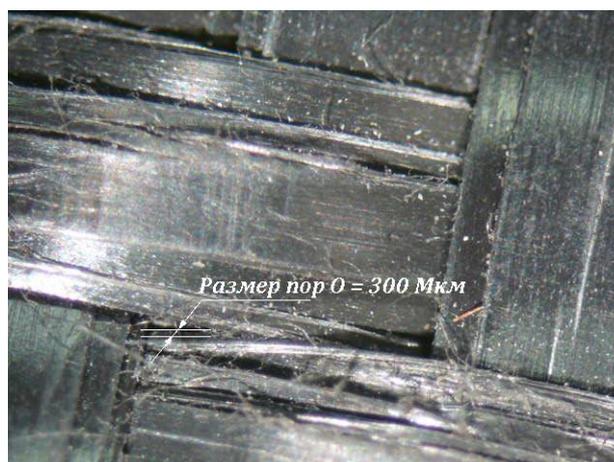


Рисунок 4 - Замер по ткани GeolonPP80 под микроскопом (ув. x25)

Также установлено, что внешняя сторона ткани чистая, что говорит о полном удержании твердых частиц внутри опытного образца контейнера.

Таким образом, можно с уверенностью констатировать, что отечественную и импортную ткани можно использовать для изготовления контейнеров для обезвоживания илистых осадков, в том числе и донных отложений, многократно.

Проведенный нами эксперимент позволил дополнительно определить степень негативного воздействия отделяемого фильтрата из геотекстильного

контейнера на прилегающие земли и территории. Отобранные пробы фильтрата и обезвоженного ила после окончания опыта были переданы в лабораторию ФГБУ ГЦАС «Ростовский» [6] для проведения химического анализа (табл. 3).

Сопоставление химического состава фильтрата и обезвоженного илового осадка показало, что основное количество тяжелых металлов остается в иловых отложениях. Фильтрат по химическому составу не превышает значения показателей воды из реки Темерник и не окажет негативного влияния на прирусловые зоны и прилегающие территории, что имеет большое значение в городской черте и напрямую оказывает влияние на здоровье населения.

Таблица 3 – Химический состав фильтрата и обезвоженных иловых отложений

Показатели	РН	Тяжёлые металлы					
		Pb	Cu	Zn	Ni	Cr	Hg
Фильтрат, мг/л	7,3	0,0032	0,018	0,013	0,0050	<0,02	<0,00001
Иловые отложения, мг/кг	7,4	11,6	21,9	36,2	28,6	30,4	0,028

Проведенное исследование подтверждает перспективность применения технологии удаления донных отложений в геотекстильных контейнерах в условиях ограниченных площадей и территорий.

#### Список использованных источников

1. Кравченко, А.С. Геотекстильные контейнеры из тканевого материала высокой прочности для утилизации донных отложений после мелиорации рек / А.С. Кравченко // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в Сталинградской битве «Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК в России в ВТО». Волгоград – 2013. Том 3. С. 304-307.
2. Кравченко, А.С. Технология очистки малых рек от донных отложений с использованием геотекстильных контейнеров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Кравченко Александр Сергеевич. – Москва, 2017. – 23 с.
3. Волосухин, В.А. Обоснование типов и параметров материала для производства геотекстильных контейнеров, предназначенных для утилизации донных отложений / В.А. Волосухин, А.С. Кравченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2014. № 53. С. 22-30.
4. [www.tencate.com](http://www.tencate.com) – официальный сайт компании TenCate, Голландия.
5. Кравченко А.С. Автореферат канд. дис. «Технология очистки малых рек от донных отложений с использованием геотекстильных контейнеров» М. 2017 23с.
6. [www.donplodorodie.ru](http://www.donplodorodie.ru) – государственный центр агрохимической службы «Ростовский».

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ МАШИННОГО ВОДОПОДЪЕМА**

**Ш.М. Шарипов, Н.Р.Насырова, А.Б.Сапаров**

НИИ ирригации и водных проблем при ТИИИМСХ, г. Ташкент, Узбекистан

Особенностью мелиоративных систем сельского хозяйства Узбекистана и других Республик Центральной Азии является широкое развитие машинного орошения. В условиях срочной реновации должна быть определена стратегия эксплуатации, направленная на поддержание необходимых экологических и экономических параметров основных элементов этих систем, что является чрезвычайно актуальной задачей в XXI веке. Масштабы обновления инвестиционной политики требуют и нового экологического мышления и ужесточения требования к ресурсоемким проектам. Реконструкция систем машинного водоподъема (СМВ) может дать наибольший экономический и экологический эффект.

Важным следствием реконструкции СМВ является повышение единичной мощности насосных агрегатов и уменьшение их количества, что дает дополнительную экономию энергии и сокращает объемы зданий насосных станций (НС) на 15-20%. При этом земля высвобождается для других целей, например, для увеличения орошаемых площадей.

С экологической точки зрения большинство крупных насосных агрегатов по оценке экспертов могут представлять в недалеком будущем большую опасность из-за прогрессирующего износа уплотнительных узлов и больших протечек перекачиваемой воды [1, 2].

Натурные исследования НС и анализ опыта их эксплуатации позволил выявить элементы гидротехнического узла станции, влияющего на эксплуатационные параметры и экологическую надежность работы НС.

Ежегодно на НС мелиоративных систем Республики расходуется до 5-7 млрд. кВт/ч, не считая дизельного топлива. В Минсельводхозе РУз принято решение уменьшить расход электроэнергии на НС за счет энергосберегающих режимов и оптимизации управления СМВ. В связи с резким удорожанием и нарастающим дефицитом энергоресурсов на первый план выдвигается проблема уменьшения их потребления крупными НС. Отсутствие приоритетных работ по указанной проблеме делает невозможным оптимизацию режимов НС на современном уровне эксплуатации. По данным НИИИВП эксплуатационный КПД ниже расчетных значений на 5-7%, экологические требования выполняются на 25-30%. Основными причинами этого является:

- высокое содержание абразивных частиц и плавника в перекачиваемой воде, тяжелые климатические условия, связанные с высокой температурой воды и воздуха;

- значительные объемы и скорости течения воды в элементах проточного тракта, большие подачи воды и электрические мощности агрегатов, сложные переходные процессы, сопутствующие их эксплуатации;

- низкое качество изготовления насосов, конструктивные недостатки гидравлических машин и гидротехнических сооружений, в том числе не эффективные системы технического водоснабжения;

- несовершенный организационно-технический уровень эксплуатации по управлению рабочим процессом водоподъема и экологическими условиями работы оборудования.

Необходимость энергосберегающих насосных установок обосновывается обычно технологическими и экономическими факторами. В настоящее время выявляются экологические аспекты проблемы. Крупные насосные установки являются весьма энергоемкими объектами. Они ежегодно расходуют примерно 20% вырабатываемой электроэнергии, что для СНГ составляет около 300 млрд. кВт час в год. Производство электроэнергии оказывает вредное влияние на окружающую среду.

Распространение энергосберегающих систем позволит сэкономить в СМВ Республики Узбекистан 70-80 млн. кВт в год, то есть примерно 1% необходимой электроэнергии. Это значит, что при ежегодном приросте выработки электроэнергии в 3-4% ввод новых энергетических мощностей может быть снижен на 1/3. Вследствие этого будет предотвращено сжигание 1,8-2 млн. тонн условного топлива или 2-3 млн. тонн реального угля. Таким образом будет получен существенный экологический эффект за счет уменьшения вредных выбросов в воздух и воду. Кроме того, эти системы снижают вероятность возникновения гидравлических ударов, предотвращают разрушение трубопроводов и, как следствие, излив воды на поверхность земли и в водоемы.

При реконструкции высокоэкономичных насосов большое значение имеет правильный выбор размеров и формы всасывающей трубы. Это особенно важно при освоении средних и низких напоров, при которых энергетическая характеристика насоса в значительной мере определяется свойствами всасывающей трубы.

Средняя кинетическая энергия потока за рабочим колесом при больших расходах составляет около 30-60% от всей располагаемой энергии. Полезное использование этой энергии зависит от качества всасывающей и отсасывающей трубы. Наиболее совершенными с точки зрения преобразования кинетической энергии осевого и мало закрученного потоков в потенциальную являются прямоосные диффузоры с небольшим углом конусности. Однако применение трубы в виде прямоосного диффузора требует больших заглублений и капиталов-

вложений при возведении малых ГЭС и НС. Поэтому в практике строительства НС и ГЭС с вертикальным расположением вала применяются изогнутые трубы. Этот тип труб характеризуется более низкими гидравлическими качествами по сравнению с прямоосными трубами. Исследования показывают, что поворот потока с вертикального направления сопровождается значительными потерями энергии, особенно при больших скоростях потока в колене. Причем решающее влияние на величину этих потерь оказывают габариты трубы и характер изменения эквивалентного угла расширения трубы по ее длине.

Авторами рассматривается влияние изменения эквивалентного угла расширения изогнутой всасывающей трубы на энергетические качества крупных центробежных вертикальных насосов Талимарджанской и Головной Джизакской НС [3].

Основная трудность планирования энергосберегающих режимов заключается в построении адекватной математической модели действующей системы. Идентификация модели осуществляется методом последовательных приближений с применением результатов натурных измерений расходов ресурсов на сети, причем определение мест установки портативных контрольно-измерительных приборов осуществляется на стадии предварительных расчетов.

В техническом плане необходимо:

- разработать научные основы энергосберегающих режимов, их региональных особенностей (особенно в условиях реконструкции и реновации крупных НС);
- установить обоснованные объёмы водоподачи НС, обеспеченные техническим состоянием оборудования с учетом оптимального уровня резервирования;
- провести исследования по внедрению модернизированных всасывающих и отсасывающих труб;
- провести корректировку и объединение сети наблюдений на СМВ в составе экологического мониторинга ирригационных систем Республики.

#### **Список использованных источников**

1. О.Я. Гловацкий, Ш.М. Шарипов Некоторые проблемы энергосбережения в системах машинного водоподъёма Республики Узбекистан // Проблемы энерго и ресурсосбережения. №1,2, - Т., 2011. - с.128-131.
2. О.Я. Glovatsky, Ergashev R.R., Rustamov SH.R. Improvement to usages and studies large pumping station / Monograph LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken-2013. 170 p.
3. О.Я. Гловацкий, Ф.Ж. Носиров, О.Х. Низамов, Ш.Р. Рустамов Энергогидравлические исследования новых типов водоподводящих сооружений насосных станций // Материалы республиканской научно-практической конференции «Проблемы улучшения обеспеченности, качества водных ресурсов РУз» - Т., 2013. -с. 65-69.

УДК 631.6:626.22:004.9

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ В КАНАЛЕ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ

**А. О. Щербаков, А. А. Талызов**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г.Москва, Россия

Развитие современных информационных систем и новых методов исследований позволяет создать новые подходы к задачам, связанным с управлением мелиоративными системами. Использование математических моделей позволяет произвести оптимизацию режимов работы насосных станций и водопропускных сооружений, что в свою очередь, способствует экономии электроэнергии и обеспечению бесперебойной подачи воды потребителям [1, 2, 3].

Цель работы – создание новых методов расчета стока в водопроводящей сети и элементах гидромелиоративных систем. В качестве объекта исследования выбрана Лиманская оросительно-обводнительная система (ООС), располагающаяся в южной части зоны западных подступных ильменей в пределах Лиманского административного района Астраханской области.

При выполнении работ был проведен сбор исходных данных о текущем состоянии Лиманской ООС: обработаны листы топографических карт масштаба 1:100000 и спутниковые снимки. На основе этих данных получена информация о сооружениях оросительной системы: каналах, насосных станциях, шлюзах-регуляторах, водохранилищах. Собранные данные были обработаны, преобразованы в векторную и табличную формы, и использовались для информационного наполнения ГИС Лиманской ООС. В процессе создания новых методов расчета стока в водопроводящей сети и элементах гидромелиоративных систем были проведены исследования математических моделей, позволяющих осуществлять гидравлические расчеты в неустановившемся режиме течения воды в каналах гидромелиоративных систем при различных режимах эксплуатации. Под неустановившимся режимом течения понимается изменение со временем переменных, описывающих течение, таких как глубина  $h$ , скорость  $V$ , расход  $Q$ .

$$\partial h / \partial t \neq 0; \quad \partial V / \partial t \neq 0; \quad \partial Q / \partial t \neq 0$$

Для решения системы дифференциальных уравнений Сен-Венана применяется метод конечных разностей [4]. Для гидравлического моделирования применялся программный комплекс HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System). Было произведено моделирование движения воды в канале (14-й водный тракт) для гидрографа, соответствующего включению на полную мощность и последующую остановку головной насосной станции оросительной системы. Расчетный гидрограф приведен на рисунке 1.

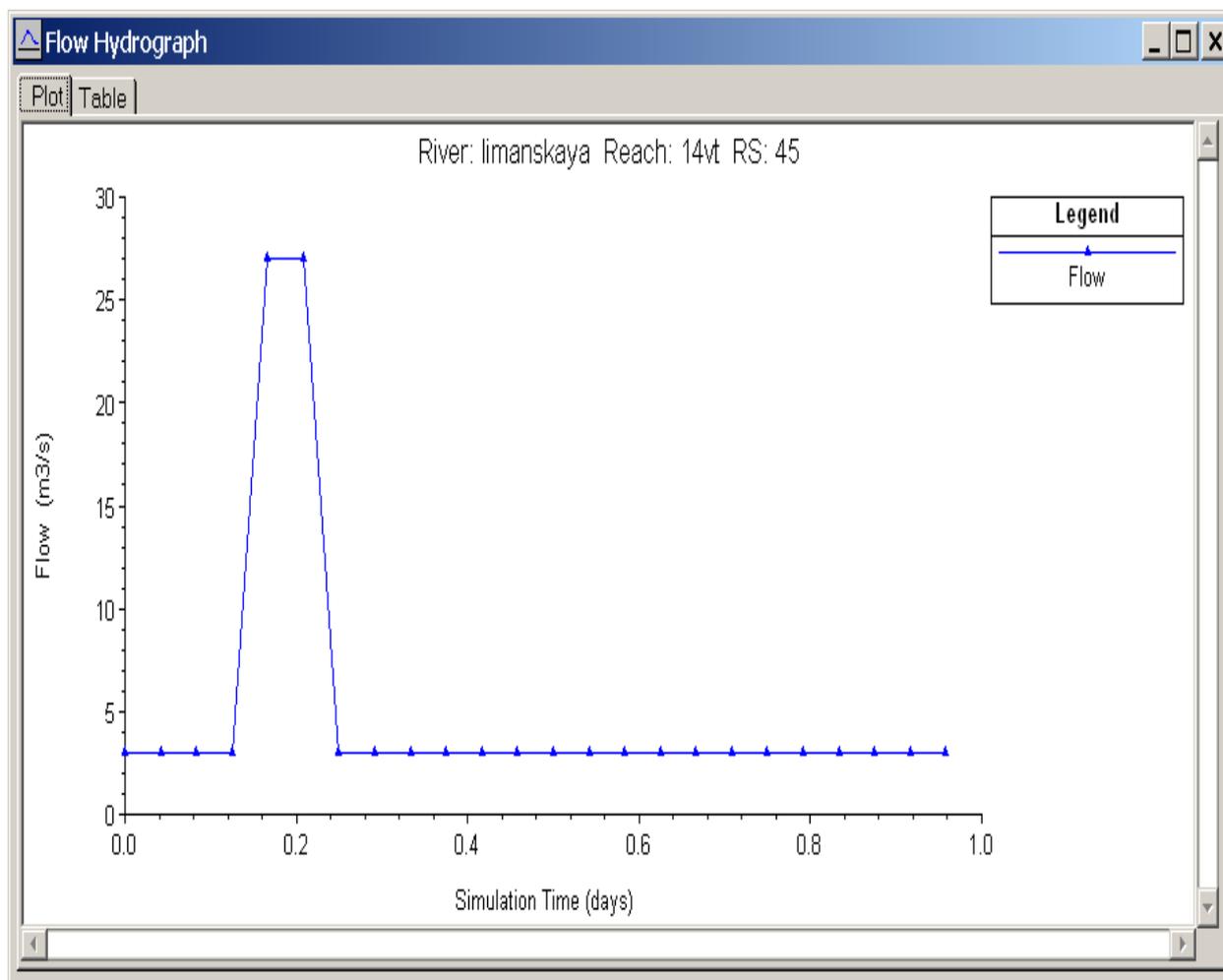


Рисунок 1 – Гидрограф, применявшийся при моделировании неустойчивого режима движения воды

Результаты расчетов в виде кривых свободной поверхности водного потока в различные моменты времени показаны на рисунке 2.

Проведенные исследования различных гидравлических режимов эксплуатации каналов и сооружений Лиманской ООС позволят в дальнейшем приступить к поиску возможностей автоматизации управления мелиоративными системами [5, 6, 7].

В ходе выполнения работ были получены следующие результаты:

- проведен сбор исходных данных о текущем состоянии Лиманской ООС;
- произведено информационное наполнение ГИС Лиманской ООС; выполнено компьютерное гидравлическое моделирование функционирования одного из каналов Лиманской ООС в неустойчивом режиме течения.

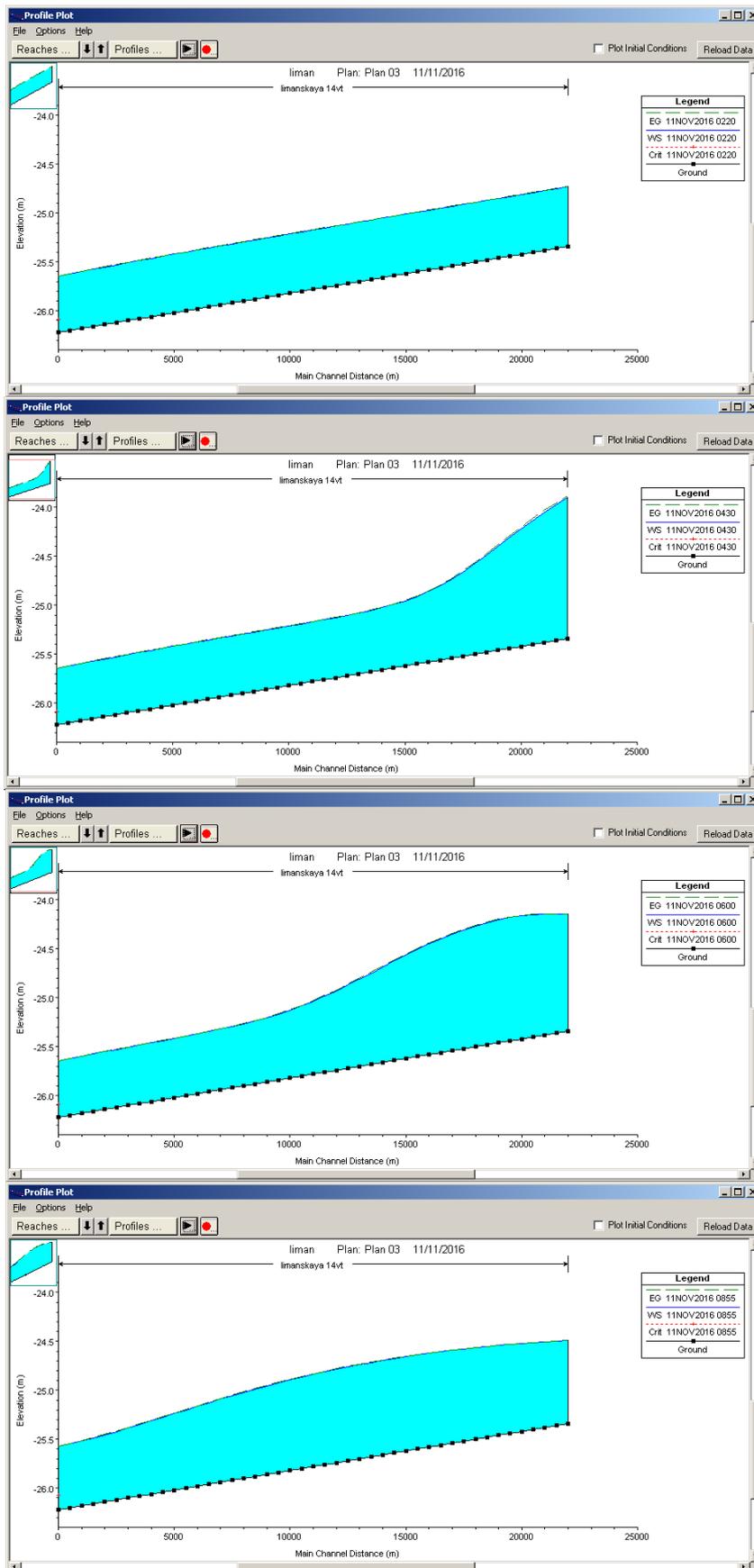


Рисунок 2 – Различные стадии неустановившегося движения воды в канале Лиманской ООС (14-й водный тракт)

### Список использованных источников

1. Развитие орошения в Южном федеральном округе для обеспечения гарантированной кормовой базы животноводства: научное издание / Л. В. Кирейчева [и др.]. - М., 2009. - 152 с.
2. Криулин К.Н. Мелиорация земель. Эксплуатация и автоматизация гидромелиоративных земель: конспект лекций / К.Н. Криулин. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. – 95 с.
3. Щербаков А.О. Разработка новых способов регулирования твердого и жидкого стока на гидромелиоративных системах / А.О. Щербаков, С.С. Медведев // В сборнике «Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель», –2014, – С. 255–263.
4. Турчак Л.И., Плотников П.В. Основы численных методов. // -М.: Физматлит, 2002. – С.304.
5. Коваленко П.И. Автоматизация мелиоративных систем. // - М.: Колос, 1983. – С.304.
6. Щербаков А.О. Совершенствование управления каскадом Волжских водохранилищ на основе гидродинамических моделей и ГИС–технологий / А.О. Щербаков, А.А. Талызов, И.С. Румянцев, С.И. Пручкин, А.Л. Бубер // Мелиорация и водное хозяйство, - 2002, -№2, -С. 8-12.
7. Щербаков А.О. Принципы создания информационно-аналитической управляющей системы каскада волжско-камских гидроузлов / А. О. Щербаков, А. А. Талызов, И. С. Румянцев, Ф. Нестманн, Р. Кромер, Г.Х. Исмайылов, Г.Г. Ермаков // Мелиорация и водное хозяйство, – 2006, – №5, – С.15–19.

УДК 627.15

## К МОНИТОРИНГУ ТВЕРДОГО СТОКА НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

**А. О. Щербаков, А. В.Фирсов**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Гидромелиоративная система является динамичной, активно изменяющейся под влиянием взаимодействия графика водоподачи, жидкого и твердого стока реки, соотношения количества взвешенных и донных наносов забираемых из источника. В результате функционирования сооружений, осуществляющих забор осветленной воды, со временем происходит нарушение баланса жидкого и твердого стока, меняется русловой рельеф, и в канал начинает поступать твердый сток больше проектного. Часть наносов осаждается в магистральных каналах, часть осаждается в мелиоративной сети 1-го, 2-го и 3-го порядка. Меняется профиль самого магистрального канала из-за локальных отложений и размывов, что во многих случаях приводит к развитию необратимых русловых деформаций, увеличению фильтрационных потерь. Наибольшую опасность повышенная мутность представляет для средней и мелкой оросительной сети, не рассчитанной на сверхпроектный режим транспорта наносов, что вызывает заиление русел каналов и, в конечном счете, уменьшение водоподачи. Затраты на очистку мелкой сети эксплуатирующими предприятиями, как правило, самые значительные и трудоемкие. Таким образом, рассматривая гидромелиоративную систему в комплексе, необходимо учитывать условия работы мелкой и средней оросительной сети, ее возможности по транспорту наносов. Создание методики мониторинга и информационно-технологического обеспе-

чения системы «водоисточник (река) – водозабор – отстойники – магистральные каналы 1-го порядка и распределительные каналы 2-го, 3-го и 4-го порядков (гидромелиоративная система)», обеспечивающей в комплексе проектный транспорт наносов по всему оросительному комплексу, является весьма актуальной и требующей решения задачей.

**Методика определения характеристик твёрдого стока (мутность потока, расход, фракционный состав взвешенных и донных наносов).** При отборе воды из рек в оросительные системы необходимо учитывать твёрдый сток реки, особенно в части разнофракционного состава транспортируемых рекой наносов. Как правило, отбор воды в магистральный канал и части взвешенных наносов из реки осуществляется без учёта транспортирующей способности речного потока ниже водозабора. В результате речное русло здесь претерпевает значительные деформации.

Анализ рассматриваемых объектов гидромелиоративной сети состоит из анализа мутности, скоростей, сопротивления русла, взаимодействия потока с наносами и руслом.

Взвешенные наносы по глубине распределяются неравномерно. Обычно мутность увеличивается от поверхности ко дну потока, особенно с увеличением крупности наносов. Наиболее резко эта неравномерность проявляется в распределении по глубине потока фракций  $d > 0.05$  мм. Наиболее мелкие фракции ( $d > 0.015$  мм) распределяются по глубине потока почти равномерно [1, 2, 3]. Эта закономерность часто нарушается из-за поперечной циркуляции на резко искривленных в плане участках русла.

Недопущение донных и крупных придонных наносов в магистральный канал путём устройства различного типа отстойников [4, 5, 6] и сброса из них этих наносов обратно в реку при гидравлическом промыве отстойника от отложившихся в нём наносов приводит к возникновению избыточной мутности в реке ниже водозабора, образованию здесь отмелей и осерёдков, искривлению динамической оси потока и ухудшению условий водозабора. Поэтому очень важно отбирать из реки в канал такие расходы воды, остаток которой обеспечивал бы устойчивый транспорт наносов в реке ниже водозабора, т.е. должно соблюдаться равенство (формула 1)

$$Q_H \sum_1^n \rho_{T_{Hi}} = Q_P \sum_1^n \rho_{H_{Pi}} - Q_K \sum_1^n \rho_{H_{Ki}} \quad (1)$$

где:  $Q_H$ ,  $Q_P$ ,  $Q_K$  - расходы воды в реке выше и ниже водозабора и отбираемые в магистральный канал, м<sup>3</sup>/с;

$\rho_{T_{Hi}}$  - транспортирующая способность потока в реке ниже водозабора в отношении руслоформирующих фракций наносов, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{H_{Pi}}$ ,  $\rho_{H_{Ki}}$  - мутность потока в реке и поступающая в магистральный канал в отношении наносов фракции  $i$ , кг/м<sup>3</sup>;

$n$  - количество не транспортируемых в канале фракций наносов.

Из формулы (1) допустимый расход воды, отбираемый из реки в канал определяется по зависимости (2)

$$Q_K = \frac{Q_P \sum_1^n \rho_{H_{Pi}} - Q_H \sum_1^n \rho_{T_{Hi}}}{\sum_1^n \rho_{H_{Ki}}} \quad (2)$$

При  $\rho_{H_{Ki}} > \rho_{T_{Ki}}$  образуется избыточная мутность в канале  $\rho_{изб_{ik}}$ , что приведёт к осаждению этой фракции наносов на дно канала, заилению его русла и в последующем возможным необратимым русловым деформациям. Во избежание этих негативных явлений необходимо осуществить перед входом в канал осаждение избыточной части наносов в прирусловом отстойнике с механической очисткой и регулируемой длиной осаждения без сброса наносных отложений в реку.

Величина избыточной мутности определяется по зависимости:

$$\rho_{изб_{ik}} = \rho_{H_{Ki}} - \rho_{T_{Ki}} \quad (3)$$

где:  $\rho_{T_{Ki}}$  величина транспортирующей способности потока в канале в отношении  $i$ -той фракции, кг/м<sup>3</sup>.

Объём очистки прируслового отстойника определяется по зависимости:

$$W_{оч} = \int_0^t \frac{\partial(Q_K \cdot \rho_{изб_{ik}})}{\partial t} dt \quad (4)$$

где:  $t$ - период времени отстоя, сек.

Расход воды, пропускаемый через прирусловой отстойник, равен:

$$Q_{отст} = Q_K \frac{\rho_{изб_i}}{\rho_{T_{Ki}}} \quad (5)$$

После отстоя наносов осветлённый поток сбрасывается в нижний бьеф шлюза-регулятора, где происходит его перемешивание с поступающим в канал взвесенесущим потоком с доведением здесь мутности потока до величины его транспортирующей способности в канале.

Суммарный расход воды в канале ниже слияния поступивших в нижний бьеф шлюза-регулятора взвесенесущего и осветлённого в отстойнике потоков будет равен:

$$Q_{\text{м.к.}} = Q_{\text{н.б.}} + Q_{\text{отст}} \quad (6)$$

При этом скорость потока в магистральном канале будет равна:

$$V_{\text{м.к.}} = \frac{Q_{\text{м.к.}}}{\omega_{\text{м.к.}}} \quad (7)$$

где:  $\omega_{\text{м.к.}}$  - площадь поперечного сечения магистрального канала ниже слияния взвесенесущего и осветлённого потоков, м<sup>2</sup>.

Величина транспортирующей способности в отношении донных наносов определяется по зависимости Х.Ш. Шапиро [2], полученной им по результатам исследований на р. Амударье и каналах Амударьинских оросительных систем:

$$\rho_q = k_q u_q^* V^{0,9} \left[ \ln \frac{u_\epsilon^*}{u_q^*} - \left( \frac{1}{u_q^*} - \frac{1}{u_\epsilon^*} \right) \frac{w_{\min q}}{V_*} \right] \text{ кг/м}^3 \quad (8)$$

где:  $k_q$  - эмпирический коэффициент по данным Х.Ш. Шапиро,

$$k_q = 4,65 \frac{\text{кгс}^{1,9}}{\text{м}^{4,9}} \quad (9)$$

$V$  – средняя скорость потока;  $u_\epsilon^*$  - наибольшая гидравлическая крупность наносов, устойчиво транспортируемых потоком во взвешенном состоянии, м/г:

$$u_q^* = 0,3V_* \quad (10)$$

$u_q^*$  - наибольшая крупность частиц донных наносов, м/с

$$u_q^* = 1,1V_* \quad (11)$$

$w_{\min q}$  - минимальная гидравлическая крупность частиц донных отложений, м/с;  $V_*$  - динамическая скорость руслового потока, м/с.

Подставив значения (9, 10 и 11) в формулу (8) после преобразования получим её упрощённый вариант [5]:

$$\rho_q = k_q u_q^* V^{0,9} (1,3-2,42 w_{\min q}) \quad (12)$$

$$k_q = 4.65 \text{ кг с}^{1,9}/\text{м}^{4,9}$$

Данная методика расчета изменения транспортирующей способности каналов последовательно применяется для расчета каждого из последующих более низких элементов оросительной системы.

**Методика проведения гидрографических и гидрологических работ.** Мониторинг системы необходимо начинать с изучения проектных материалов на строительство ГМС, эксплуатационной информации [7]. Системы, как правило, включают: источник (река), головные отстойники или делители потока и промывные устройства, головное водозаборное сооружение, магистральный канал (канал 1-го порядка), внутрисистемные отстойники или накопители стока, каналы низших порядков (2-го, 3-го, 4-го) и регулирующие гидротехнические сооружения.

Гидрологические работы должны включать:

- определение состояния водозабора, расходов воды [8], батиметрию верхнего и нижнего бьефов, состав и режим движения наносов, сведения о составе донных отложений, уклоны и уровни воды в створе водозабора, другие данные по эксплуатации водозаборного узла;
- обследование реки-водоисточника, подъём и спад паводка, меженный и паводковый расходы, гидрограф, уровни воды, состав взвешенных и донных наносов, скоростной режим;
- обследование каналов-отстойников, регулирующих сооружений сети;
- обследование магистрального канала и каналов низшего порядка с определением режима работы, расходов, скоростей течения, уклонов по участкам, состояния трассы (участки размывов, заиления), взвешенные и донные наносы, участки подверженных оползневым явлениям. При этом расходы в каналах целесообразнее определять, привязываясь к конкретным гидротехническим сооружениям. Гидравлические параметры в канале и транспорт твердого стока следует определять на участках, имеющих установившийся режим работы;
- мониторинг состояния прирусловых водохранилищ: обследование береговой линии, планово-высотная съёмка чаши водохранилища, установление плана течений, установление режима работы водохранилища;
- мониторинг состояния облицованных каналов дополняет обследование облицовки, определение объёмов заиления, состава донных отложений и их распространения по длине канала.

## **Методика оценки состояния каналов и водозабора в оросительные системы включает:**

1. Систематизацию данных и их фильтрацию в отношении достоверности для решения отдельных задач по обеспечению надёжной эксплуатации гидромелиоративных объектов, стабильности и безопасности их работы.

2. Прогнозирование состояния открытых русел водоисточника и каналов, в том числе:

- расчёт объемов размыва (заиления) дна взвесенесущим русловым потоком по участкам;

- расчет распределения взвешенных и донных наносов в элементах оросительной сети;

- определение скоростной структуры взвесенесущего потока, включая соответствующие динамически эффективные, с точки зрения устойчивости к русловым деформациям, значения скоростей по участкам.

Оценка скоростного режима и оценка соответствующих значений гидравлической крупности донных отложений в соответствии с режимом работы сети и гидрографом реки позволяет оценить работу мелиоративной сети по участкам.

### **Список использованных источников**

1. Вербицкий В.С. Кинетическая модель движения твердых частиц в придонных турбулентных потоках с малой мутностью. Водные ресурсы, –1974, – №3, – С. 105.
2. Шапиро Х.Ш. Регулирование твёрдого стока при водозаборе в оросительные системы.- М.: Колос,1983.
3. Щербаков А.О. Перенос и распределение взвеси в открытом потоке. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. Москва, 1989.
4. Медведев С.С., Лебедев Н.В., Фирсов А.В. Регулирование жидкого и твёрдого стока в реке в районе водозабора. // Материалы международной конференции «Экологические проблемы мелиорации» М.: ВНИИГиМ, – 2002, – С. 263–265.
5. Медведев С.С. Регулирование твердого стока в элементах оросительной сети при водозаборе из рек, транспортирующих наносы. // Мелиорация и водное хозяйство, – 2014, – №5-6, –С. 73–75.
6. Щербаков, А.О. Разработка новых способов регулирования твердого и жидкого стока на гидромелиоративных системах / А.О. Щербаков, С.С. Медведев // В сборнике «Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель», –2014, – С. 255–263.
7. Щербаков А.О., Фирсов А.В. Необходимые требования к обследованию гидромелиоративных систем для расчета характеристик жидкого и твердого стока // Материалы международной конференции «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения» – 2016, – С. 130–134.
8. Барамыков М.Р. К вопросу об определении расхода воды в открытых потоках. / В сб. «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения». Материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 49-53.

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ И МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

УДК 631.6

## **АНАЛИЗ ПРИЧИН ПЯТНИСТОСТИ ПОЛЕЙ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ СВЕТЛОЯРСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**И.Н. Горохова, Е. И. Панкова**

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва, Россия

Пятнистость орошаемых полей сухостепной зоны солонцовых комплексов Волгоградской области, отраженная на аэро- и космических снимках, имеет разную природу и поэтому интерпретация дистанционных материалов требует обязательного изучения современной обстановки района исследований и обоснования причин появления пятнистости на основе полевых и лабораторных исследований.

На примере Светлоярской оросительной системы (ОС), расположенной на правобережной части Прикаспийской низменности (территория солонцовых комплексов сухой степи), рассмотрены различные варианты пятнистости орошаемых почв, отраженные на материалах дистанционного зондирования, которые увязаны с результатами полевых работ. Выявлено, что причины образования пятнистости орошаемых полей, фиксируемые на дистанционных материалах, не однозначны. Было установлено, что пятнистость зависит от глубины залегания уровня грунтовых вод (УГВ), состояния поля (открытая поверхность, возделываемая культура, залежь) и может быть вызвана такими свойствами почв, как вторичное и природное засоление, солонцеватость, карбонатность и другие свойства почв.

Проведенные нами исследования на орошаемых участках (ОУ) Светлоярской ОС, в 90-х годах прошлого века и в настоящее время показали, что пятнистость полей, отраженная на крупномасштабных аэро- и космических (высокого и сверхвысокого разрешения) снимках, поздневесеннего-раннелетнего периода съемки, имеет разную природу.

На ОУ Червленое, в 90-х годах было выявлено, что при УГВ 3-1,5 м на полях люцерны образуются мелкие (до 50 м<sup>2</sup>) и крупные (100-500 м<sup>2</sup>) пятна выпадов культуры, которые отражаются на аэрофотоснимках (1: 25000) и характеризуют проявление вторичного засоления почв в сильной и очень сильной степени в метровой толще, преимущественно хлоридно-сульфатного состава.

На Светлоярском ОУ в ирригационно-автоморфных (УГВ > 5 м) и ирригационно-полугидроморфных (УГВ 3-5 м) условиях, выпадения люцерны (составляющие несколько м<sup>2</sup> на местности), зафиксированные на аэрофотоснимках (1: 25000) 90-го года, характеризовали распаханность солонцовых почв и слабое засоление солонцового и подсолонцового горизонтов до глубины 0-50 см.

Химизм засоления был преимущественно хлоридно-сульфатным натриевым. На снимках такие выпады выглядели как белый крап (рис. 1).

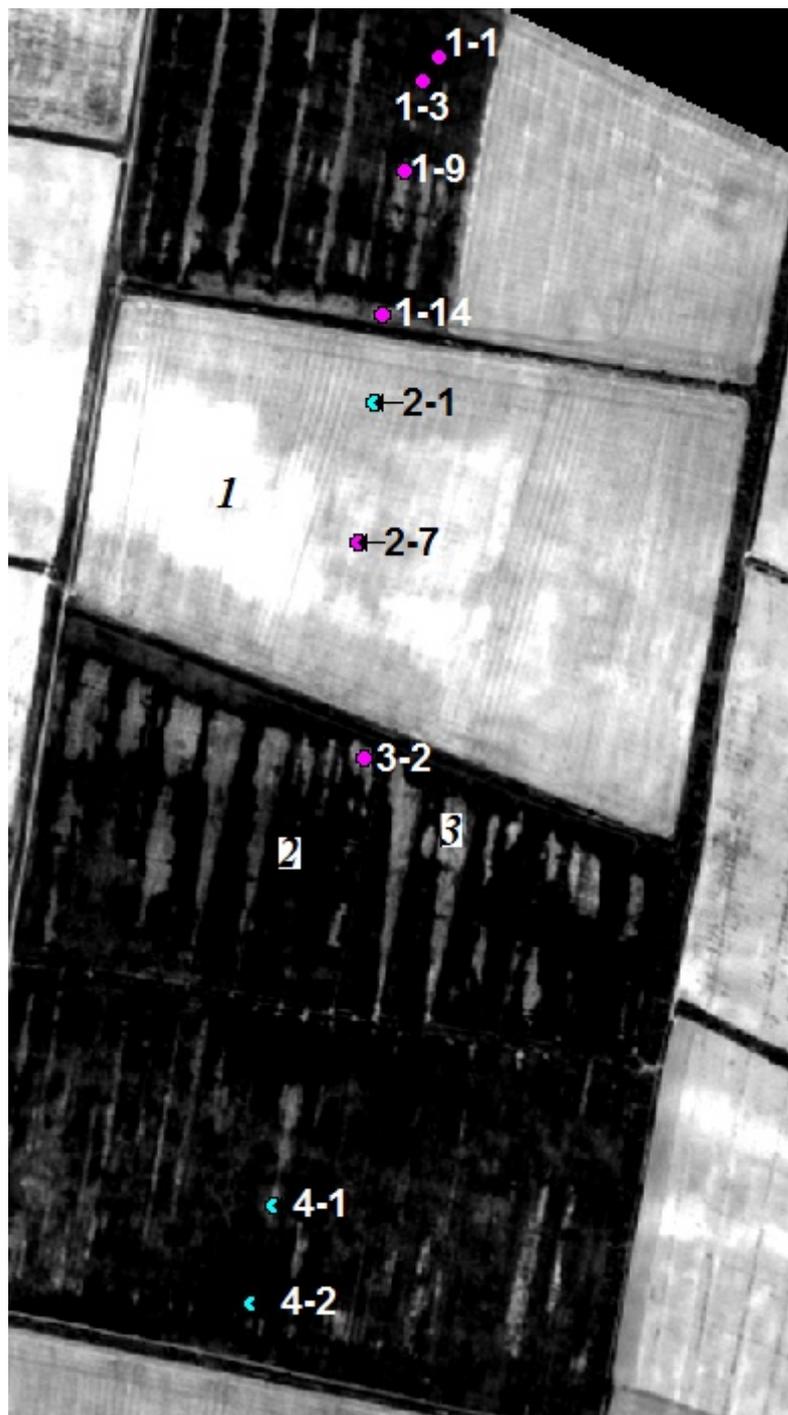


Рисунок 1 - Светлоярский ОУ. Фрагмент космического снимка Pleiades от 20.05.2015. Ирригационно-автоморфные условия (УГВ >5 м).

Рисунок полей пятнистый

**Условные обозначения:** 1 - большие белые пятна – окарбоначенные с поверхности почвы на полях с убранный озимой пшеницей; 2 - темные участки – поля с люцерной; 3 - светлый фототон на полях с люцерной – выпады люцерны, связанные с окарбоначиванием почв с поверхности; 2-7... - номера скважин

В настоящее время, когда УГВ на Светлоярском ОУ опустился ниже 5 м, произошло рассоление метровой толщи почв, и характерный в 90-х годах процесс солонцового засоления орошаемых почв сменился процессом ирригационного окарбоначивания. В этом случае окарбоначенные с поверхности (0-25 см) почвы, образуют белый пятнистый рисунок на космическом снимке (сверхвысокое разрешение 0,5 м), который вызван выпадами люцерны (до 2-3 тыс. м<sup>2</sup>). Белыми по цвету также выглядят на снимке пятна окарбоначенных почв открытой поверхности (полей с убранной озимой пшеницей), достигающие размеров 100-200 тыс. м<sup>2</sup>.

На Райгородском ОУ в 90-х годах прошлого века при критических уровнях (1,5-2 м) грунтовых вод возникли очаги вторичного засоления почв в местах бывших падин. Пятнистый рисунок выпадов люцерны на аэрофотоснимках (как и на ОУ Червленое) характеризовал вторичное засоление почв в метровом слое. Химизм засоления был хлоридно-сульфатным, степень засоления - преимущественно средняя и сильная.

Современный Райгородский ОУ по рисунку фотоизображения на космическом снимке высокого разрешения (15 м) резко отличается от рассмотренных выше и имеет размытую пятнистость фотоизображения залежи. Такие пятна отличаются значительными размерами (600 м×700 м) и темным фотоном, образование которых связано с разнотравно-луговой сорной растительностью залежи и темноцветными почвами бывших падин, засоленных в центре. Причины засоления почв падин связаны либо с остаточным засолением 90-х годов, либо с возникшим за счет поступления солей с поверхностными или внутрипочвенными водами с окружающей местности. Засоленность почв, преимущественно в средней степени, содово-хлоридного состава на глубине 30-100 и 0-100 см. По фотоизображению засоленность почв не выделяются.

Таким образом, пятнистость орошаемых полей сухостепной зоны солонцовых комплексов Волгоградской области, отраженная на аэро- и космических снимках, имеет разную природу, и интерпретация пятнистости на дистанционных материалах требует обязательного изучения района исследования и обоснования причин появления пятнистости на основе полевых и лабораторных данных.

**Благодарность.** Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-04-00570.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ И ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ СВЕТЛОЯРСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

**И.Н. Горохова<sup>1</sup>, Д. В. Филиппов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Почвенный институт им. В. В. Докучаева, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Научный геоинформационный центр РАН, г. Москва, Россия

Начиная с 60-х годов XX века в Нижнем Поволжье в условиях засушливого климата, началось активное развитие орошения. Одной из первых построенных систем стала Светлоярская оросительная система (ОС) в Волгоградской области, на которой в 1989 году (период максимального освоения) орошалось 7065 га [3], основной возделываемой культурой была люцерна, главными факторами, лимитирующими состояние почв являлись засоленность и солонцеватость [1].

В начале текущего века значительные площади земель были переданы различным хозяйствам, и в 2014 г. площадь орошаемых земель уже составила 5889 га [2].

Объектом изучения стали 2 участка орошения (Светлоярский и Райгородский) Светлоярской ОС и прилегающие к ним хозяйства, расположенные в северо-западной правобережной части Прикаспийской низменности. Для составления карты землепользования привлекались: мультиспектральные космические снимки: Landsat-7 (июнь, 2015 г.), сверхвысокого разрешения Pleiades (0,5 м) (конец мая, 2015 г.), материалы рекогносцировочных и полевых исследований. Материалы полевых исследований содержат описание состояния сельскохозяйственных культур и сорной растительности на залежных землях, морфологическое описание почв. Предварительно по снимкам была намечена схема маршрутного обследования, которая охватывала орошаемые поля с разными возделываемыми культурами и залежью. Полевые исследования проходили в июне-июле 2015 г.

Карта землепользования традиционно составляется на основе визуального дешифрования дистанционной информации. Анализируя космические снимки можно определить возделываемые культуры, залежь; по снимкам за разные годы – возраст залежи. Однако такая кропотливая работа требует времени, поскольку необходимо проанализировать архивные снимки за последние 10-15 лет.

В наших исследованиях карта землепользования составлялась по результатам обработки единовременных мультиспектральных космических снимков с использованием программного обеспечения ENVI 5.2. Для анализа привлекались космические снимки определенного периода съемки – с середины мая по конец июня, когда хорошо определяются культуры, возделываемые в данном

регионе. Главным признаком выделения залежи являлось отсутствие активно вегетирующей культурной растительности.

Весь процесс обработки снимков состоял из следующих шагов:

1. Выделение района исследования и разграничение возделываемых и залежных участков (визуально).

2. Распознавание разновозрастной залежи по индексному изображению, полученному в результате классификации снимка Landsat 7 ETM (11.06.2015) с использованием преобразования Tasseled Cap.

3. Составление по результатам обработки снимков и материалов полевых исследований карты землепользования в формате программного обеспечения MapInfo. Подсчет площадей.

Преобразование Tasseled Cap («колпак с кисточкой») – один из методов обработки мультиспектральных снимков, позволяющий осуществить переход из пространства измерений спектральных яркостей объектов в пространство признаков [4]. Преобразование, в основном, применяется для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур на различных стадиях их созревания. При этом определяющими являются значения «яркости» и интенсивности «зеленого цвета». Позже метод усовершенствовали для анализа 6-канальных данных съемки сенсора ТМ (кроме теплового диапазона). Оказалось, что третья ось пространства преобразованных данных содержит значительную долю информации о влажности.

В программном комплексе ENVI преобразование Tasseled Cap использовалось нами для обработки откалиброванных данных Landsat 7 ETM (11.06.2015). В результате получился синтез из трех рассчитанных координат (*Brightness, Greenness, Third*), индексные изображения которых можно анализировать по отдельности и в синтезе. Предварительно из анализа исключались поля с возделываемыми культурами, т.к. многие из них имеют схожие с залежью характеристики и могут быть некорректно интерпретированы.

На синтезированном изображении снимка (рис. 1) после преобразования Tasseled Cap разновозрастная залежь визуально классифицируется по различной насыщенности цвета полей: 1-3 года – сиреневый; 3-5 – красный, розово-красный; 5-7 – розовый, красно-розовый; более 7 лет – лиловый; поля, частично возделываемые и частично под залежью – пестрые.

Таким образом, не прибегая к трудоемкому анализу архивных снимков за 10-летний и более период, удалось определить разновозрастную залежь, что актуально, так как специалисты в области сельского хозяйства призывают к проведению инвентаризации залежных земель по их возрасту, поскольку это позволяет более точно выявлять темпы и масштабы их забрасывания.

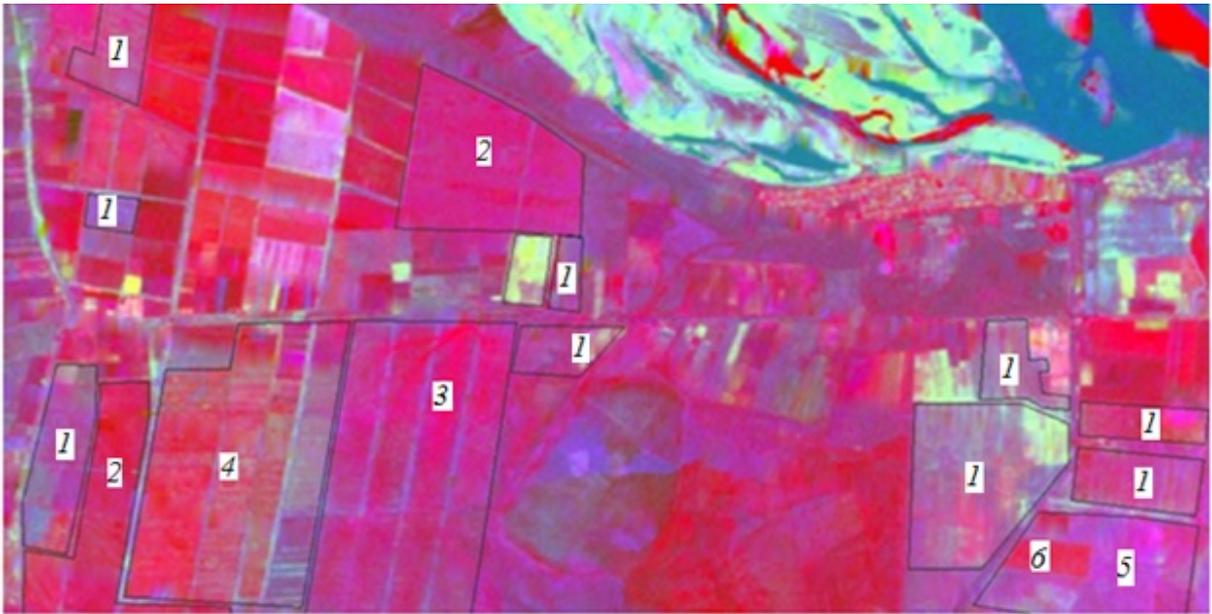


Рисунок 1 - Фрагмент синтезированного индексного изображения, состоящий из трех координат (Brightness, Greenness, Third) после преобразования Tasseled Cap снимка Landsat 7 ETM (11.06.2015)

Условные обозначения: черным контуром выделены участки разновозрастной залежи; 1 – залежь с возрастом 1-3 года; 2 – 3-5 лет; 3 – 5-7 лет; 4 – поля, частично возделываемые и частично под залежью; 5 – залежь с возрастом более 7 лет; 6 – временный ангар

Общим результатом исследований стала карта землепользования, где показаны возделываемые поля с разными сельскохозяйственными культурами и разновозрастная залежь. Согласно карте на исследуемой части Светлоярской оросительной системы и прилегающих к ней хозяйствах, общая площадь освоенных под орошение земель в 2015 году составила 9992 га. Из них орошалось 51,7%, залежь составила 48,3%. В структуре орошаемых земель озимая пшеница занимала 86%, овощные культуры 10%, люцерна 3%, сады 1%. Структура залежи по возрасту распределилась следующим образом: залежь с возрастом 1-3 года составила 40%; 3-5 лет – 22%; 5-7 лет – 31% и более 7 лет – 7%.

**Благодарность.** Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-04-00570.

#### Список использованных источников

1. Горохова И.Н. Оценка засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья с использованием аэрофотоснимков: Автореф. дис. ... к. техн. н. М., 1992. 25 с.
2. Информация мелиоративного состояния орошаемых земель Светлоярского района Волгоградской области на предполивной период 2014 года. Волгоград, 2014. 4 с.
3. Кадастр мелиоративного состояния орошаемых земель Волгоградской области. Волгоград, 1990. 128 с.
4. Kauth R.J., Thomas G.S. The Tasseled cap – a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat // Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data. 1976. P. 41–51.

## **ВОСТРЕБОВАННОСТЬ ДАННЫХ ПО МОНИТОРИНГУ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА**

**В.Б. Жезмер, Ю.Я. Гольцов, Н.К. Дудаков**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Часть 1.4. (Технология эксплуатации гидротехнических сооружений) «Правил эксплуатации гидротехнических сооружений» предполагает сбор, накопление, хранение информации о состоянии гидротехнических сооружений (ГТС), а также своевременное представление её в вышестоящие организации и надзорные органы, то есть мониторинг. В настоящее время данные мониторинга заносятся в соответствующие журналы, находящиеся обычно на территории ГТС в распоряжении осмотрщика гидротехнических сооружений. В вышестоящие организации о состоянии ГТС сообщают только при чрезвычайных ситуациях (например, во время прохождения паводка). Таким образом происходит сбор, накопление, хранение, но не анализ полученной информации. Комплексная оценка состояния ГТС производится один раз в год, при обследовании комиссией готовности к приему и пропуску паводка гидротехнических сооружений. При таком порядке ведения мониторинга теряется оперативность информирования вышестоящих органов и принятия неотложных решений.

Альтернативой является разработка системы ведения мониторинга гидротехнических сооружений с применением автоматизированного хранения, обработки и передачи информации. Такая система обеспечивает: надежное хранение первичного материала наблюдений, отчетно-исполнительной документации; оперативную передачу информации по инстанции; возможность удаленного просмотра и контроля результатов наблюдений; возможность доступа ко всему объему информации по мониторингу ГТС с целью ее обработки и систематизации при принятии решений.

Цели и задачи мониторинга безопасности достигаются посредством систематизации визуальных, инструментальных и аналитических наблюдений, обеспечивающих получение качественной и достоверной информации в необходимых объемах, разработкой структуры базы данных мониторинга ГТС мелиоративного комплекса, а также программного обеспечения системы управления базой данных. Структурированная система управления базой данных (СУБД) была разработана отделом безопасности ГТС гидромелиоративного комплекса ВНИИГиМ в 2014 г. СУБД позволяет получать информацию по вопросам мониторинга в пределах гидромелиоративных систем. При этом разрабатывается программное обеспечение системы управления базой данных с использованием VBA (VisualBasicforApplications) для получения информации по различным вопросам рассматриваемых задач. Структура системы автоматизированного ведения мониторинга ГТС мелиоративного назначения приведена на рисунке 1.

## Система автоматизированного мониторинга ГТС мелиоративного назначения.

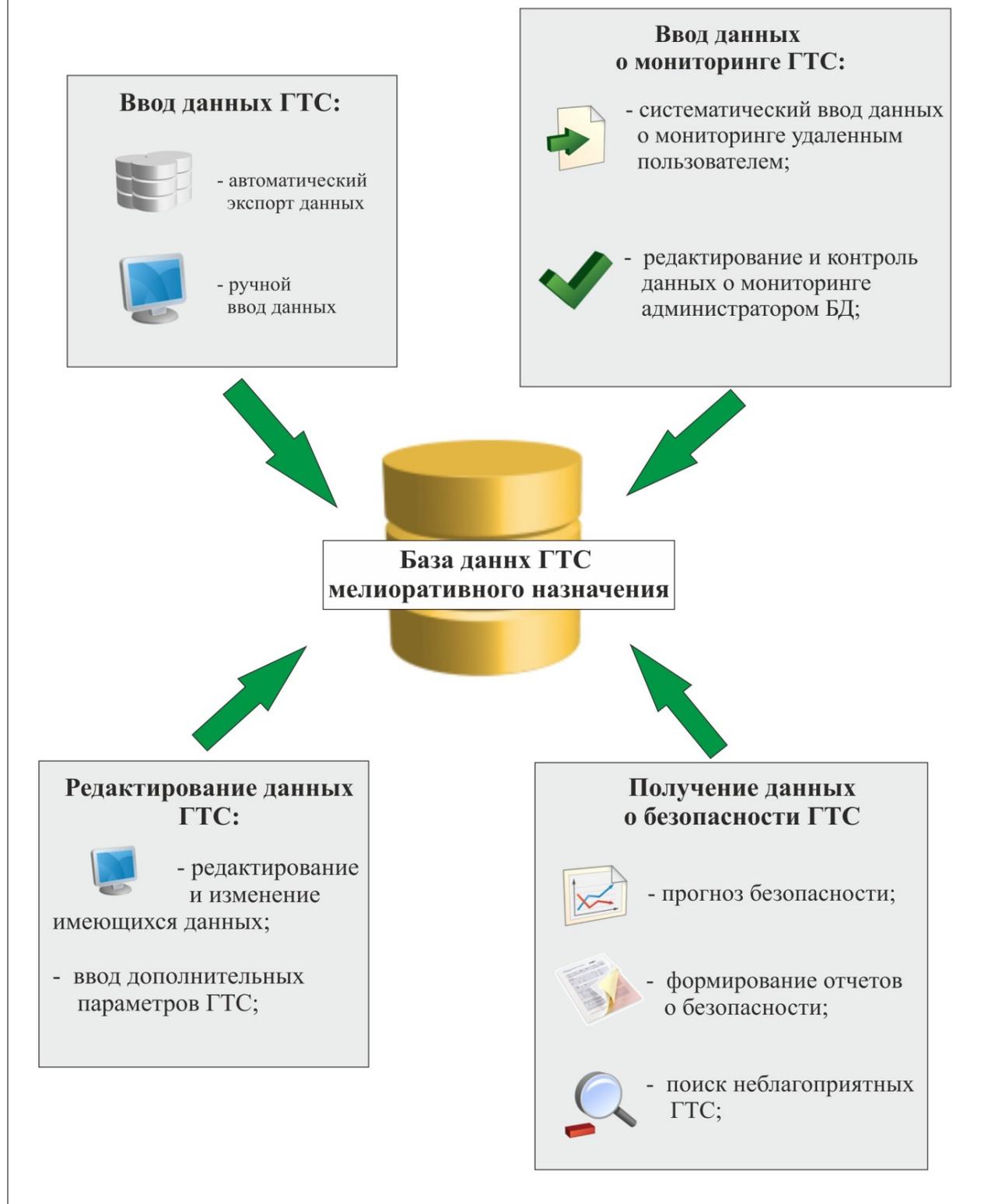


Рисунок 1 - Структура системы автоматизированного ведения мониторинга ГТС мелиоративного назначения

Система предусматривает ввод данных ГТС – ручной, а также автоматический экспорт данных. Предусмотрен систематический ввод данных по мониторингу ГТС отдаленным пользователем, а также их редактирование и контроль администратором базы данных. На основании полученной информации становится возможным прогноз безопасности ГТС, поиск потенциально опасных ГТС региона, и т.д. Для создания полноценной реляционной базы данных, охватывающей ГТС мелиоративного комплекса, например, европейской части РФ, и совместимой с базой данных Российского регистра гидротехнических сооружений, требуется применение интегрированных автоматизированных систем управления [1].

Обобщенная информация по мониторингу ГТС мелиоративного комплекса необходима для решения насущных производственных вопросов, планирования производства на перспективу, определения потребностей в водных ресурсах следующим организациям (таблица 1) [2].

Таблица 1 - Организации, которым необходима обобщенная (структурированная) информация по мониторингу гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса

№ п/п	Организация*	Спектр решаемых вопросов
1	2	3
1	Федеральное агентство водных ресурсов; Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации	Оптимизация водоресурсного обеспечения оросительных мелиораций
2	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент Мелиорации Минсельхоза России	Оптимизация управления ГТС
3	Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору; Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий	Безопасная эксплуатация ГТС
4	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент Мелиорации Минсельхоза России	Определение первоочередных объектов для ремонта
5	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент Мелиорации Минсельхоза России	Определение первоочередных объектов для реконструкции
6	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент Мелиорации Минсельхоза России	Поэтапное восстановление гидромелиоративных систем
7	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент Мелиорации Минсельхоза России	Сравнение состояния и степени износа ГТС различных гидромелиоративных систем

Продолжение таблицы		
1	2	3
9	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации	Ликвидация локальных вододефицитов в отдельных районах РФ, в частности, путем устранения потерь воды при транспортировке
10	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий; Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации; Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент Мелиорации Минсельхоза России	Сокращение числа аварийных гидротехнических сооружений, в том числе бесхозяйных
11	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации; Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору	Сокращение негативного антропогенного воздействия и экологическая реабилитация водных объектов путем устранения аварий на ГТС
12	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Департамент Мелиорации Минсельхоза России	Организация базы данных мониторинга ГТС мелиоративного комплекса, совместимой с базой данных Российского регистра гидротехнических сооружений
13	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации; Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент Мелиорации Минсельхоза России	Оценка риска аварий на объектах гидромелиоративных систем

*\*Имеются в виду как федеральные службы, так и их региональные управления.*

Аппарат по обслуживанию интегрированной автоматизированной системы управления базой данных ГТС мелиоративного комплекса, по мнению авторов, может быть создан в составе Департамента мелиорации Минсельхоза России.

#### **Список использованных источников**

1. Ибрагимов А.Г. Рекс Л.М. Контроллинг в деятельно-техноприродной системе. Университет природообустройства им. А.Н. Костякова, М., 2014 г., 162 с.
2. Волинов М.А., Жезмер В.Б., Сидорова С.А. Методы анализа и обработки данных мониторинга гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса. «Природообустройство», № 1, 2017 г., с. 79-87.

УДК 631.6; 502.3/7

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**С.Д. Исаева**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Под мониторингом мелиорированных земель понимается комплексная система наблюдений за состоянием мелиорированных и прилегающих земель, подземных и поверхностных вод, мелиоративных систем, а также оценки и прогноза изменений их состояния под воздействием природных факторов, сельскохозяйственного использования, водопользования и мелиорации. Мониторинг мелиорированных земель направлен на обеспечение экологически устойчивого состояния геосистем ландшафтов и речных бассейнов, и создание условий для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур вне зависимости от природных условий и климатических изменений, на реализацию принципов экосистемного водопользования в АПК.

Экологический мониторинг мелиорированных земель является одновременно тематической и территориальной подсистемой мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. При мониторинге мелиорированных земель осуществляют наблюдения и контроль экологического состояния природной среды в границах геосистем (ландшафтов, речных бассейнов) и состояния источников гидромелиоративного воздействия. Сбор и обобщение информации проводится исходя из административного деления территории РФ по иерархии: мелиоративная система – район – область, край – республика. В соответствии с федеральным законом о мелиорации все мелиорированные земли в Российской Федерации являются объектами мониторинга вне зависимости от формы собственности.

Организация и ведение мониторинга мелиорированных земель проводятся исходя из следующих принципов:

- обязательность научного обоснования программы ведения мониторинга, а также оценки мелиоративного состояния и экологической устойчивости геосистем, прогноза их динамики;

- междисциплинарный подход к формированию программы и ведению мониторинга, что связано с разнообразием объектов мониторинга, включающих подземные и поверхностные воды, почвы, гидротехнические сооружения мелиоративных систем;

- обязательность экосистемного подхода при планировании мониторинга, что предполагает его направленность на предотвращение экологических рис-

ков, соблюдение экологических ограничений и допустимых показателей состояния природных систем;

-иерархическая структура системы мониторинга мелиорированных земель как компонента государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения;

-комплексность наблюдений, необходимых для оценки и прогноза состояния поверхностных и подземных вод, мелиорированных земель, почвенного покрова;

-обеспечение достоверности получаемой при мониторинге информации;

-мониторинг имеет практическую направленность, а также предполагает получение результатов, необходимых для развития фундаментальных представлений мелиоративной науки.

Экологический мониторинг мелиорированных земель предполагает определенный порядок ведения работ, в котором можно выделить систему этапов, алгоритмов действий, процессов, методов и программно-технических средств, объединенных в единую информационную технологию. Реализация технологии мониторинга обеспечивает сбор информации о состоянии мелиорированных земель, почв, водных объектов и его изменениях, обработку информации и представление собранных данных в виде комплексной информационной модели (совокупность подмоделей картографических, математических), которая необходима и достаточна для принятия решений по управлению мелиоративным состоянием земель с целью минимизации возможных при антропогенном воздействии экологических рисков.

Технология условно подразделена на блоки: проектный, наблюдений, оценки текущего состояния объектов мониторинга, прогнозирования, принятия решений (управления). Каждый блок в общей структуре локального мониторинга мелиорированных земель состоит из этапов, предполагающих определенные действия (процессы), необходимые для реализации мониторинга.

Блок проектный включает этапы: определение объекта исследований, обоснование постановки работ, разработка программы мониторинга. Особенностью программы, разрабатываемой совместно с научными организациями, является пообъектное (подземные воды, поверхностные водные объекты, почвы, мелиоративные системы) определение реестра измеряемых показателей, статистическое обоснование формирования наблюдательной сети, определение видов и объемов наблюдений, определение роли дистанционных, аэрокосмических методов при мониторинге, анализ возможности привлечения ГИС для формирования баз данных, выполнения прогнозов и др.

Проведение наблюдений предполагает маршрутные обследования, наблюдения по стационарной сети и обеспечение ее охраны; специальные и систематические наблюдения на полигонах и ключевых участках, периодическую оценку качества наблюдений, поверку оборудования, выполнение первичной обработки результатов всех наблюдений, передачу в установленном порядке текущей информации в подразделения службы эксплуатации мелиоративных систем.

При мониторинге мелиорированных земель предполагается широкое привлечение данных из смежных подсистем государственного экологического мониторинга, в том числе, Росгидромета, используются данные сетей, осуществляющих специальные наблюдения: агрометеорологические, гидрометеорологические на озерах и водохранилищах, воднобалансовые и др. Обязательно привлечение данных мониторинга плодородия почв, выполняемых агрохимслужбой и др. организациями.

Этап сбора и обработки информации включает действия по формированию базы первичной информации, ее статистической обработке; по созданию графических моделей, с привлечением ГИС-технологий. На этом этапе создается информационная модель мелиорированных земель как объекта управления. Модель позволяет перейти к этапу оценки состояния мелиорированных земель, расчетной оценке риска развития экологически неблагоприятных процессов по установленным критериям. На этапе выполняется оценка достоверности ранее выполненных почвенно-гидрогеологических прогнозов и мелиоративных расчетов. Выполненная оценка позволяет перейти к принятию оперативных решений по снижению экологических рисков и предотвращению развития опасных процессов на основе проведения эксплуатационных мероприятий по регулированию режима работы оросительных каналов, коррекции поливных норм, по обеспечению мелиоративной системы требуемыми водными ресурсами и т.д.

На следующем этапе выполняется стратегическое прогнозирование динамики состояния мелиорированных земель на основе сценарных исследований, предполагающих в перспективе проведение различных эксплуатационных мероприятий, развитие водопользования и сельского хозяйства в регионах для обоснования принятия плановых решений.

Эффективное развитие системы мониторинга мелиорированных земель предполагает реализацию ряда мер, а именно: обеспечение методической поддержки службы со стороны научных организаций при совершенствовании методов наблюдений, оценки и прогнозов мелиоративного состояния земель; обеспечение устойчивых механизмов финансового обеспечения ведения мониторинга с учетом необходимости обеспечения современными средствами наблюдений и их бесперебойной эксплуатации, модернизаций оборудования, технического обслуживания, регулярного обновления и поверки; расширение использования современных спутниковых и информационных технологий при ведении мониторинга, развитие вычислительных и телекоммуникационных средств обработки данных и прогнозирования состояния мелиорированных земель как блока мониторинга сельскохозяйственных земель; развитие кадрового потенциала службы, поддержку ведения экологического мониторинга мелиорированных земель со стороны Минсельхоза России и другие.

## ПРИНЦИПЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ БАССЕЙНА РЕКИ ВОЛГИ

**Корженевский Б.И., Коломийцев Н.В., Гетьман Е.Н.**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В настоящее время под мониторингом различными специалистами понимаются: 1) наблюдения (слежение) за процессами; 2) наблюдения (слежение) за процессами и прогноз их развития; 3) наблюдения (слежение), прогноз и управление процессами; 4) режимные наблюдения за процессами. В рассматриваемой работе под мониторингом понимается наблюдение (слежение) за состоянием и загрязнением тяжелыми металлами (ТМ) донных отложений (ДО) водных объектов Волжского бассейна [1].

ДО водных объектов играют роль аккумулятора, трансформатора техногенного воздействия и являются индикатором его уровня. Основными методическими проблемами являются: 1) учет различий проб ДО по механическому составу и 2) учет качественного состава минералов глинистой фракции. Учет различий проб ДО по механическому составу является основополагающим методическим принципом, позволяющим оптимизировать количество проб в соответствии с гидрологией водного объекта. Некоторыми специалистами [2] анализируется только валовое содержание элементов в пробах. При этом получается незакономерная картина загрязнения: в смежных точках обора на локальных участках содержание тяжелых металлов может отличаться в несколько раз [3].

Для корреляции проб различного механического состава рекомендуется использовать определение загрязненности фракции менее 0,020 мм [4, 5]. Фракции мельче этой величины проявляют свойства глины и именуется «физической глиной». В настоящее время промышленно выпускаются лабораторные нейлоновые сита с размером ячеек 0,020 мм. Использование этих сит для выделения необходимой фракции упрощает методику подготовки проб ДО к анализам. Отобранные на различных участках реки пробы приводятся к «общему знаменателю».

**Выбор сети наблюдений.** В настоящее время бассейн реки Волги представляет каскад водохранилищ с различными гидрологическими и природно-техногенными режимами существования. Были выделены участки 3-х категорий по природно-техногенным признакам. Также выделялись участки IV категории для специальных наблюдений.

К участкам I категории относятся чаши водохранилищ с сопредельными склонами, на которых расположены промышленные и селитебные зоны, сельскохозяйственные угодья и прочие техногенные объекты. Водоохранилище характеризуется промывным режимом ниже водопропускных сооружений выше-расположенного гидроузла, режимом транзита и локального накопления ТМ в средней части и мощной седиментационной зоной ТМ в приплотинной части.

Свой вклад в загрязнение приносят города, промзоны и притоки. Эти объекты могут способствовать и очищающему эффекту, являясь фактором разбавления загрязненных отложений более чистыми наносами. Для оценки общей тенденции загрязнения ДО целесообразно повторять исследования в верхнем бьефе приплотинной зоны водохранилища один раз в 5 – 10 лет.

На основании мониторинга на участках I категории выделяются участки II категории – те, на которых загрязнение ТМ ДО представляет научный и экологический интерес – участки, где фоновые значения по ТМ превышены в несколько раз. К таким участкам относятся города с промзонами: Тверь, Ярославль, Кострома, Нижний Новгород, Саратов и др., расположенные на берегах Волги, и расположенные на притоках различных порядков: Щелково и Ногинск на Клязьме, Подольск на Пахре, Пенза на Суре и др. Вне конкуренции находится река Москва ниже одноименного города, где фоновые значения по ряду металлов в ДО превышены в десятки раз [6, 7]. На таких участках наблюдения необходимо осуществлять один раз в 1 – 2 года. Подобные наблюдения позволяют оценивать результаты применения природоохранных мероприятий, как отдельными предприятиями, так и в целом в пределах промышленных и жилых зон.

К участкам III категории отнесены условно чистые малые реки, роль которых в загрязнении, как правило, незначительна. В отдельных случаях при привносе ими чистых наносов происходит очищение загрязненных зон в водном объекте, в который они впадают. Малые реки со значительными промзонами целесообразно относить к участкам II или IV категории. На участках III категории при отсутствии сильной экспансии человека повторение наблюдений один раз в 5 – 10 лет представляется достаточным.

На участках I – III категории мониторинг отвечает на общие вопросы загрязнения ДО ТМ. На участках спецнаблюдений – IV категории – могут изучаться как специально поставленные научные задачи, так и более детальные аспекты загрязнения водных объектов. Пример изучения миграции ТМ из твердой среды в жидкую и обратно во внутригодовом цикле приведен в [1].

**Выбор пунктов опробования.** Отбор проб ДО осуществляется в зависимости от целей исследований. Водный объект разбивается на серию створов. При наличии поймы створ распространяется и на ее периодически затопляемую часть. Пробы донных отложений в каждом створе должны характеризовать водный объект или его часть за определенный промежуток времени. Объем отобранной пробы должен быть достаточным для выполнения запланированных аналитических лабораторных исследований.

В каждом створе отбирается 1–3 пробы в зависимости от гидрологических характеристик и их особенностей на данном участке водного объекта. При использовании методики [4, 5] достаточно отбирать пробы весом 300–500 грамм. Верхние 3–5 см донных отложений характеризуют загрязненность водного объекта за последние 3–12 месяцев. При распределении загрязняющих веществ по глубине, а также при изучении изменения характера загрязнения по

годам отбираются керны донных отложений ненарушенного сложения. При длительном хранении пробы следует замораживать до  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Обоснование точек отбора не носит унифицированного характера, т.к. участки различных категорий являются в некоторой степени уникальными и требуют индивидуального подхода. В целом необходимо соблюдать следующие принципы:

- на участках I категории при первичных обследованиях необходимо опробовать 2–4 точки по створам вкрест водохранилища или реки на участках ниже промышленно-селитебных агломераций и на условно чистых участках; при повторных отборах следует корректировать пункты опробования в соответствии результатами предыдущих исследований;

- на участках II категории створы опробования следует размещать выше и ниже объекта обследования на первичной стадии с корректировкой или сохранением предыдущих мест опробования в зависимости от полученных результатов;

- на участках III категории рекомендуется отбирать несколько проб в местах впадения малых рек;

- участки IV категории являются индивидуальными, и специфика отбора проб зависит от целей исследований.

**Заключение.** По совокупности природно-техногенных факторов выделено несколько категорий объектов со сходными характеристиками, в пределах которых был проведен их мониторинг. Иерархическое соподчинение участков позволяет рационально относиться к пунктам отбора проб ДО и их количеству.

В результате мониторинга отмечены следующие закономерности:

- на участках I категории загрязнение бассейна вне зоны влияния техногенных объектов тем меньше, чем крупнее водный объект;

- на участках II категории при активном хозяйственном освоении водосборной территории происходит загрязнение ДО, которое в ряде случаев распространяется на участки I категории;

- участки III категории чаще проявляют себя в качестве фактора, улучшающего экологическое состояние водного объекта более высокой категории;

- участки IV категории позволяют решать некоторые частные вопросы изучения загрязнения водных объектов ТМ.

#### **Список использованных источников**

1. 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. № 1(6). С. 1/7-7/7.
2. Саг Ю.Е. О комплексном составе техногенных гидрохимических аномалий / Ю.Е. Саг, Е.П. Янин // Водные ресурсы. 1991. № 2. С. 135-140.
3. Косов В.И. Концентрации тяжелых металлов в донных отложениях Верхней Волги / В.И. Косов, Г.Н. Иванов, В.В. Левинский, Е.В. Ежов // Водные ресурсы. 2001. Т. 28. № 4. С. 448-453.
4. Коломийцев Н.В. Интегральные критерии для оценки экологического состояния донных отложений водных объектов / Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина // Мелиорация и водное хозяйство. 2009. № 5. С. 39-42.

5. Коломийцев Н.В. Загрязнение тяжелыми металлами и мышьяком донных отложений Иваньковского водохранилища / Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский, Т.А. Ильина // Вода: химия и экология. 2017. № 2. С. 20-28.
6. Райнин В.Е. Оценка техногенной нагрузки на речные экосистемы в бассейне р. Оки по результатам исследования донных отложений / В.Е. Райнин, Н.В. Коломийцев, А.О. Щербаков, Г. Мюллер // Мелиорация и водное хозяйство, 1994, № 2, с. 14 - 16.
7. Техногенное загрязнение речных экосистем / В.Н. Новосельцев и др. Под ред. В.Е. Райнина и Г.Н. Виноградовой. – М.: Научный мир. 2002. – 140 с.

УДК 333.93

## **НЕКОТОРЫЕ МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**Ю.С. Лялин**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Экосистемное водопользование предусматривает комплексное решение проблем рационального использования и охраны водных ресурсов с учетом социальных, экономических и экологических факторов. При орошении большое значение имеет изучение гидрогеологических условий на орошаемых и прилегающих землях и ведение постоянного экологического мониторинга. Гидрогеологические условия оказывают влияние как на создание и поддержание оптимального водно-солевого режима орошаемых почв, так и на особенности, масштабы и интенсивность возможных негативных воздействий на окружающую среду.

Изучение существующих гидрогеологических условий, прогноз их возможных изменений и оценка влияния существующих и прогнозных условий на особенности, экономическую эффективность и экологическую безопасность мелиоративных объектов является целью специальных мелиоративно-гидрогеологических исследований. Они проводятся на всех стадиях проведения мелиоративных работ в процессе комплексных гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий. Теперь к изысканиям относятся и мелиоративно-гидрогеологические исследования при эксплуатации оросительных систем, которые должны проводиться в форме мониторинга [1]. Ранее к изысканиям относились только работы на стадиях планирования и проектирования.

Научно-методические основы гидрогеологических исследований на орошаемых и прилегающих землях разрабатываются мелиоративной гидрогеологией [2], которая является прикладной отраслью гидрогеологической науки [3]. Новые социально-экономические отношения, сложившиеся в стране, вытекающие из них изменения законодательной и нормативно-правовой базы, использование эколого-экономических подходов требуют совершенствования научных основ исследований и разрабатываемых на их основе нормативно-методических документов. Новым их моментом является необходимость количественного учета влияния качества мелиоративно-гидрогеологических данных

на неопределенности и риски технических и экономических решений, принимаемых на их основе при оценке экономической эффективности мелиоративных проектов [4].

Характер и величина возможных ошибок при прогнозировании динамики мелиоративного состояния орошаемых земель при принятии решений на основе, в том числе, экологического мониторинга, определяются: полнотой и качеством материалов о геолого-геоморфологических и общих гидрогеологических условиях территории; степенью изученности мелиоративно-гидрогеодинамических и мелиоративно-гидрогеохимических процессов; адекватностью моделей, используемых для их описания; точностью и представительностью основных и вспомогательных методов определения расчетных параметров и показателей; изменчивостью отдельных показателей в пространстве и во времени; применяемыми методами выполнения прогнозных и специальных расчетов и интерпретации полученных данных.

Геолого-геоморфологические и общие гидрогеологические условия выясняются или уточняются при проведении комплексных гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий. Их качество определяется масштабом съемки, выполняемой на конкретном этапе исследований с учетом требований геологической службы РФ. Новым требованием является необходимость использование ГИС-технологий.

Состав специальных мелиоративно-гидрогеологических карт должен включать:

- карту расчетного (регионального) водоупора;
- карту литолого-генетических комплексов пород, залегающих выше расчетного водоупора;
- карту гидроизогипс, глубин залегания и типов режима подземных вод;
- гидрогеодинамическую и гидрогеохимическую карты;
- карты гидрогеодинамической и гидрогеохимической схематизации для выполнения прогнозных расчетов;
- прогнозные гидрогеодинамические и гидрогеохимические карты;
- карту обобщающего мелиоративно-гидрогеологического районирования.

Содержание и методика составления специальных мелиоративно-гидрогеологических карт должны быть уточнены с учетом необходимости использования ГИС.

В области мелиоративной гидрогеодинамики наибольшие неопределенности возможны при определении величины инфильтрационного питания грунтовых вод. Наиболее обоснованные данные представляется возможным получить экспериментальным путем на действующих оросительных системах или специальных опытных участках с последующим использованием метода аналогов. Для этого необходимо проведение мелкомасштабного мелиоративно-гидрогеологического районирования орошаемых земель на качественной геолого-геоморфологической основе и создание в процессе ведения экологического мониторинга специальных гидрогеологических полигонов в пределах основных

орошаемых регионов, а также региональных и федерального банков данных по результатам соответствующих исследований.

Значительные ошибки возможны при оценке фильтрационных свойств связных пород зоны аэрации стандартным методом наливов в шурфы. Для их замены предложена промывка монолитов сечением 400-600 см<sup>2</sup> и высотой 20-25 см, которые в соответствии с существующими нормативами могут отбираться из шурфов [5]. При этом повышается точность определения вертикальной водопроницаемости, а также могут определяться фильтрационная анизотропия пород и особенности изменения фильтрационных свойств во времени.

Отсутствует методика количественной оценки качества гидрогеодинамических прогнозов. На стадиях планирования и проектирования наиболее приемлемым представляется использование факторно-диапазонного анализа. При составлении или корректировке эксплуатационных прогнозов при мониторинге мелиорированных земель основное внимание должно уделяться проведению эпигнозных расчетов.

В сфере мелиоративной гидрогеохимии существенные неопределенности возможны при прогнозировании минерализации и химсостава подземных и дренажных вод при наличии первично засоленных горных пород в зоне аэрации. Это определяется отсутствием надежно апробированных моделей солепереноса и солеобмена в таких породах, а также недостаточной информативностью стандартных водных вытяжек. Величина ошибки при ее использовании может составлять 200-600%. Специальная методика промывки монолитов, отбираемых из шурфов, позволяет получать обоснованные данные для оценки адекватности предлагаемых математических моделей и определения входящих в них параметров, а также получать дополнительные данные для выполнения гидрогеохимических прогнозов балансовыми методами в сложных условиях [5].

Состав, структуру и содержание существующей методической базы мелиоративно-гидрогеологических изысканий [6, 7] необходимо привести в соответствие с требованиями новой системы нормативной документации для строительства и эксплуатации оросительных систем и усовершенствовать с учетом вышеуказанных аспектов. В частности, это необходимо сделать применительно к проведению мелиоративно-гидрогеологических работ в составе экологического мониторинга орошаемых земель при эксплуатации оросительных систем.

#### **Список использованных источников**

1. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. - М.: Минстрой России, 1997.
2. Кац Д.М. [Текст] / Кац Д.М., Шестаков В.М. // Мелиоративная гидрогеология. М.: МГУ, 1992.
3. Шестаков В.М. Прикладная гидрогеология. [Текст] / Шестаков В.М. // М.: МГУ, 2001.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). М.: "Экономика", 2000. 421 с.
5. Лялин Ю.С. Совершенствование мелиоративно-гидрогеологических исследований для обоснования оросительных мелиораций. [Текст] / Лялин Ю.С. // Автореф. дисс. к.т.н. – 1998.

6. Методические рекомендации по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель. Вып. 1, 2. М.: ВНИИГиМ, 1978.

7. Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства. Вып. 1 - 3. - М.: 1972.

УДК 631.6

## **МОНИТОРИНГ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ II И III КЛАССОВ И ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА НА СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ**

**Т.В. Наумова, И.Ф. Пикалова**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Мониторинг режима эксплуатации оросительных систем II и III классов представляет собой систему регулярных наблюдений, дающих информацию, ключевым видом которой является информация о колебаниях уровней и расходах воды для оценки эффективности принятия решений по обеспечению сельхозпроизводителей водой требуемого количества и качества.

Наблюдения за поверхностными водами при мониторинге эксплуатации оросительных систем осуществляются исходя из функций их управления, которыми являются: аккумуляция речного стока в водохранилище; регулирование пропуска воды через водозаборный гидроузел; регулирование расходов и уровней воды, забираемых в магистральный канал; транспортировка воды по сети распределительных каналов различных порядков; корректировка графиков подачи воды сельхозпроизводителям; полив; водоотведение; регулирование и мониторинг качества воды.

Для решения задачи оптимального управления такими сложными объектами, как оросительная система, теория управления рекомендует использовать системный подход, основанный на том, что любая управляемая система представляет собой единое целое [1]. Это означает, что отдельные элементы системы рассматриваются во взаимосвязи с общими закономерностями функционирования оросительной системы и, одновременно, должно учитываться воздействие системы в целом на ее отдельные элементы. Например, наличие избыточного дренажного стока может указывать на то, что слишком много воды поступает в оросительную систему по сравнению с текущим водопотреблением (возможное снижение норм полива по погодным условиям), а фиксация данной ситуации может явиться сигналом для сокращения объемов подачи воды в магистральный канал.

Поэтому в современных условиях без налаженного мониторинга мелиорируемых земель невозможно добиться улучшения управления оросительными системами, основанного на системном подходе и нахождении баланса между требованиями сельхозпроизводителей (спросом) на количество и качество поливной воды с возможностью (предложением) удовлетворить этот спрос, что представляет собой основной закон рыночной экономики.

Проведение мониторинга и сбор информации не имеет никакого смысла, если результаты полученных данных не анализируются и не используются для разработки решений по эффективному управлению оросительной системой. Инструментами мониторинга являются экспресс-оценка и сравнительный анализ мероприятий, используемых в оперативном управлении, что позволяет оценить не только эффективность принимаемых решений, но и выявить ограничения и трудности при реализации проводимых мероприятий, что необходимо для совершенствования управления оросительной системой в целом и отдельных ее элементов.

В качестве примера проведения экспресс-оценки и сравнительного анализа были использованы данные натурных исследований, проведенных ВНИИ-ГиМ по мониторингу режима эксплуатации водозаборного плотинного гидроузла и головного участка магистрального канала Терско-Кумской оросительной системы, относящейся ко II классу капитальности. На рисунке 1 приведены данные мониторинга колебаний уровней и расходов воды на головном участке магистрального канала, из которого четко видно, что расходы воды пропускаются при отметках, превышающих проектный уровень воды 139,70 м, а при расходах воды от 100-110 м<sup>3</sup>/с уровень воды в канале превышает допустимый уровень форсирования 50 см.

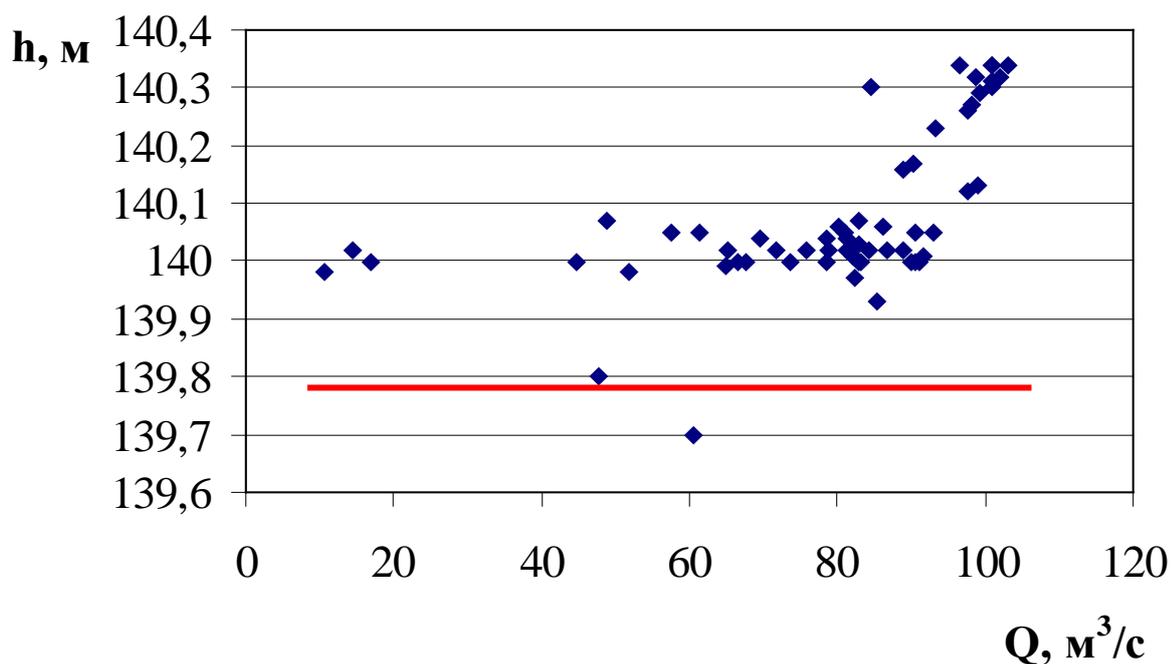


Рисунок 1 - Колебания уровней и расходов воды на головном участке магистрального канала, где  $h$  – уровень воды, а  $Q$  – расход воды на головном участке магистрального канала

Единственной причиной необходимости пропуска воды при повышенных отметках является заиливание магистрального канала, причем пропуск расходов воды при отметках, превышающих проектный уровень на 0,6 м, указывает уже на заиливание межхозяйственной оросительной сети. Поэтому борьба с заиливанием

магистральных, распределительных и др. каналов, снижающих их пропускную способность и повышающих риск возникновения аварийных ситуаций из-за превышения допустимых уровней форсирования на 0,5 м и возможного перелива воды через бровки каналов, является одной из основных проблем эксплуатации оросительных систем.

Для бесперебойной и безаварийной подачи и распределения поливной воды требуется принятие оперативных решений по проведению мероприятий, снижающих захват наносов в водозаборы, а также прогнозирование и планирование соответствующих эксплуатационных мероприятий.

Не останавливаясь на подробном описании эксплуатационных методов по борьбе с захватом донных и взвешенных наносов в водозаборные сооружения ОС, кратко эти мероприятия можно подразделить на механическую очистку и гидравлические методы [2], к которым относятся:

1. Регулярное проведение глубоких гидравлических промывок при снижении отметок НПУ;
2. Дополнительная технология целенаправленного маневрирования щитами водосбросной плотины и водозаборного сооружения без снижения отметок НПУ (разработка ВНИИГиМ);
3. Транспортировка взвешенных наносов вместе с поливной водой на поля и промывка отложившихся в каналах наносов через коллекторно-дренажную систему.

Несмотря на то, что для каждой средней и крупной оросительной системы предоставляются соответствующие инструкции по их эксплуатации, разрабатываемых на основе «Правил эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений» [3], на практике постоянно приходится сталкиваться с непредвиденными ситуациями, которые требуют принятия оперативных решений. Поэтому мониторинг режима работы головных сооружений оросительной системы должен в любой момент времени отражать изменения условий эксплуатации оросительной системы, что невозможно осуществить без использования современного измерительного оборудования с программным обеспечением для получения, обработки и хранения информации.

Реализация гидравлических методов целенаправленного маневрирования щитами водопропускных сооружений требует разработки сценарных вариантов на основе проведения экспресс – оценок текущей ситуации режима работы оросительной системы. Разработка сценарных вариантов использования эксплуатационных методов борьбы с заилением каналов оросительных систем проводится для конкретных условий (паводки различной степени обеспеченности, межень, графики водоподачи и т.д.), которые должны формировать соответствующий банк данных. Сбор и передача информации должны быть доступны для центров принятия решений в реальном времени или близком к нему режиме. Данная функция все больше выполняется с помощью устройств беспроводной связи и системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) [4].

Выбор оптимальных вариантов эксплуатационных методов борьбы с заилением каналов оросительных систем проводится из расчета максимального сокращения затрат на механическую очистку каналов при использовании гидравлических методов. Поэтому для проведения сравнительного анализа требуются данные мониторинга о затратах на эксплуатацию и техническое обслуживание.

Натурные исследования показали, что проведение гидравлических методов регулирования наносного режима взвесенесущего потока позволяют снизить захват донных и взвешенных наносов в каналы оросительной системы на 30-40% и, тем самым, значительно сократить затраты на механическую очистку каналов [5]. Однако реализация гидравлических методов на практике встречает сопротивление со стороны других водопользователей речного бассейна (рыбного хозяйства, которому наносится определенный вред, гидроэнергетики при проведении глубоких промывок и т.д.)

Таким образом, при использовании гидравлических методов для сокращения объемов захвата наносов в каналы оросительной системы, четко обозначилась проблема необходимости разрешения конфликтных ситуаций с другими водопользователями, которая может быть урегулирована только на бассейновом уровне управления, т.е. необходима интеграция оросительной системы с общей водоресурсной системой речного бассейна.

К дополнительным эффективным гидравлическим методам регулирования наносного режима также относится осуществление гибкого графика забора воды фермерскими хозяйствами в зависимости от скоростного режима подхода взвесенесущего потока к водозаборному узлу (паводок и межень различной степени обеспеченности).

Использование на практике метода целенаправленного регулирования расходов воды требует корректировки графика водоподдачи в оросительную систему в реальном времени, что невозможно осуществить без взаимодействия сельхозпроизводителей со службой эксплуатации оросительной системы, т.е. вовлечения фермерских хозяйств в управление оросительной системы.

Таким образом, анализ затруднений при реализации в полной мере гидравлических методов борьбы с заилением каналов позволил обозначить три основных направления повышения эффективности управления, которые отвечают мировым тенденциям развития и совершенствования управления оросительных систем. Этими тенденциями являются интеграция оросительной системы с общей водоресурсной системой речного бассейна, децентрализация (передача управления) путем вовлечения сельхозпроизводителей в управление оросительной системой, начиная от фермерских хозяйств, и использование информационно-аналитических технологий, что соответствует современным тенденциям развития управления оросительными системами в мире. Интеграция оросительной системы с общей водоресурсной системой речного бассейна позволяет осуществлять межведомственный обмен информацией и обеспечить участие различных водопользователей в решении проблем, представляющих взаимный интерес.

Децентрализация или, в другой формулировке, данной в докладе ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства (ФАО), «передача управления» осуществляется путем делегирования части полномочий и ответственности от государственных структур к организациям частного сектора, тем самым стимулируя участие заинтересованных сторон в управлении оросительными системами. Необходимость делегирования части полномочий и ответственности от государственных структур к частным фермерским хозяйствам была, прежде всего, вызвана проблемой недостаточного финансирования эксплуатации оросительных систем, что обуславливало повреждения и быстрый износ гидротехнических сооружений. [6,7].

В аналитическом докладе ФАО также указывается на относительное сходство процесса децентрализации во всех частях мира, что связано с общими техническими, сельскохозяйственными, организационными и экономическими аспектами функционирования ирригационных систем, которые должны быть взаимосвязаны для обеспечения продуктивного и устойчивого управления. Использование на практике современных методов ведения мониторинга эксплуатации и технического обслуживания, а также необходимость структурных изменений в управлении оросительными системами на первый план выдвигают необходимость учета «человеческого фактора», т.е. социальных аспектов управления. Активизация социальных процессов заключается в переходе от единоличного принятия решения административно-командной системы управления к современной рыночной модели, в которой используется стратегия партнерства для преодоления отчужденности персонала от результатов труда.

#### **Список использованных источников**

1. Щедрин В.Н., Штанько А.С. Воеводин О.В., Кожанов А.Л., Жук С.Л., Шепелев А.Е. Пути совершенствования планового водопользования на оросительных системах. - /Научный обзор/ Новочеркасск: 2014, 36 с. Электронный ресурс: [http://www.docme.ru/doc/1375338/1949\\_puti-sovershenstvovaniya-planovogo-vodopol](http://www.docme.ru/doc/1375338/1949_puti-sovershenstvovaniya-planovogo-vodopol).
2. Наумова Т.В., Кушер А.М., Пикалова И.Ф. Способы сокращения захвата донных наносов во фронтальные водозаборы ирригационного назначения. [Текст] / Т.В. Наумова, А.М. Кушер, И.Ф. Пикалова // Мелиорация и водное хозяйство, 2015, № 5-6, с.76-7
3. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений (утв. Министерством сельского хозяйства и продовольствия РФ 26 мая 1998 г.). Электронный ресурс: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293776/4293776623.htm>.
4. Бочкарев В.Я. Новые технологии и средства измерений, методы организации водоучета на оросительных системах. - Новочеркасск: 2012. Электронный ресурс: <http://www.cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/bochkarev.pdf>.
5. Наумова Т.В., Кушер А.М., Пикалова И.Ф. Эксплуатационные методы сокращения захвата донных наносов в водозаборы оросительных систем и проблемы их внедрения. [Текст] / Т.В. Наумова, А.М. Кушер, И.Ф. Пикалова // Мелиорация и водное хозяйство, 2017, № 1, с. 20-25.
6. Передача управления ирригационными системами. Мировой опыт и результаты. - отчет ФАО по водным вопросам, 2010. Электронный ресурс: <http://www.fao.org/3/a-a1520r.pdf>.
7. Модернизация управления орошения – методика MASSCOTE. Картирование системы и услуг для различных методов эксплуатации канала. - Публикации ФАО по ирригации и дренажу, Рим, 2007. Электронный ресурс]: <http://www.cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/masscote>.

**ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ПОЧВ ПРИ МЕЛИОРАЦИИ  
ЗЕМЕЛЬ****А.Н. Николаенко**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Согласно современным представлениям, почва является природно-историческим телом, покрывающим поверхность суши. Почва обеспечивает поддержание жизни на планете путем выполнения ряда важнейших природно-экологических и социально-экономических функций. В общем виде общепланетарные функции определяются ролью почвы в процессах, регулирующих состояние основных геосфер Земли: атмосферы, биосферы, гидросферы и литосферы (рис. 1).

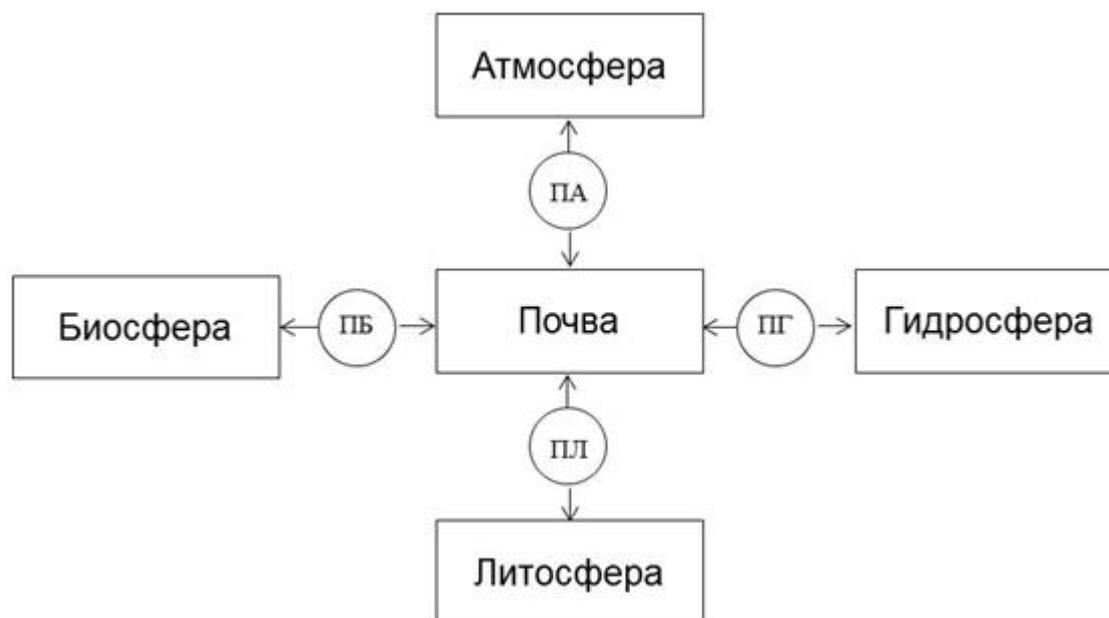


Рисунок 1 - Регулирующая роль общепланетарных функций почв.

Прямоугольники отображают геосферы планеты. Круги и стрелки отображают процессы взаимодействия между почвами (П) и геосферами:

А – атмосфера, Б – биосфера, Г – гидросфера, Л – литосфера

В более узком значении, почва как объект сельскохозяйственных мелиораций является средой произрастания растений, источником элементов питания, определяющей биопродуктивность природных экосистем. Почва как сложный природный продукт характеризуется набором характеристик и свойств, которые в их количественном выражении принимают различные значения для ее разновидностей. Кроме того, эти свойства могут изменяться во времени для одного и того же почвенного объекта в процессе его генезиса или в результате антропогенного воздействия. Задачи мониторинга состоят в построении системы наблюдения за состоянием почвенных объектов через изменения

их количественных свойств с целью анализа этих изменений и принятия решений о применении необходимых мелиоративных воздействий.

В 2014 году совместным трудом ученых Почвенного института им. В.В. Докучаева и факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова был выпущен научно-регламентный документ - Единый государственный реестр почвенных ресурсов (ЕГРПР) России, представляющий собой полную инвентаризацию всего разнообразия почв страны с целью создания единой научно-технической основы для развития и сопровождения государственной политики в области использования почв и земельных ресурсов страны [1].

В задачи мониторинга почв входит: выбор основных характеристик объекта, идентификация почвенных объектов, выбор наиболее существенных для мелиорации свойств почв из предложенных в ЕРПР, определения формы их представления.

**Характеристики почвенных объектов.** Исходным основным объектом описания и диагностики почв в ЕРПР выступает морфогенетический горизонт. Почвенный горизонт - специфический слой почвенного профиля, образовавшийся в результате воздействия почвообразовательных процессов (ГОСТ 27593-88 2005). Почвенный горизонт определяется характерным набором морфологических признаков, а также составом и свойствами физически измеряемых аналитических характеристик. Кроме того, выделяются и другие объекты для описания различной иерархии, например, слои.

**Идентификация почвенных объектов.** Для проведения мониторинга изначально необходимо иметь представление о том, с какой разновидностью почв мы имеем дело. В науке и практике почвенных исследований применяются различные системы классификации почв [2]. Наиболее общий принцип классификации - генетический, берет свое начало от классификации В.В. Докучаева и Н.М. Сибирцева, основанной на определении типа почв, исходя из их зональной принадлежности. На территории Российской Федерации встречаются следующие типы почв: арктические почвы, тундровые глеевые почвы, мерзлотно-таежные, подзолистые, серые и бурые лесные почвы, черноземы, каштановые почвы.

**Свойств почв.** Как особое естественноисторическое образование, почва характеризуется сложным вещественным составом, которое описывается разнообразными морфологическими, химическими и физическими свойствами. Морфологические свойства почв представляют совокупность внешних признаков, доступных визуальному или простому инструментальному определению. Иногда используются точные инструменты визуального исследования, например, поляризационные микроскопы, применяемые для изучения микроскопических морфологических признаков почв.

Химические свойства включают обширный круг почвенных показателей состава минеральной и органической части почв, протекающих в почвах процессов на ионно-молекулярном и коллоидном уровнях. Эти показатели определяются лабораторными химическими методами анализа почв. В современной

химии почв выделяют пять главных направлений: химия почвенной массы; химия почвенных процессов; химические основы почвенного плодородия; аналитическая химия почв; химическое загрязнение почв.

В ЕГРПР приведено более ста химических свойств почв. Из всего многообразия выберем основные, на наш взгляд, свойства, которые определяют структурные, продуктивные, экологические характеристики почвенных объектов и могут составить основу свойств мелиоративного мониторинга почв (таб.1).

Методы количественного определения химических показателей составляют довольно значительный раздел химии почв [2]. Вопросы радиоактивности почв и методов ее измерения достаточно подробно изложены в монографии [3]. Единицами измерения радиоактивности являются беккерель и кюри: Беккерель (Bq), 1 Бк = 1 расп/с; Кюри (Ci), 1 Ки =  $3,7 \times 10^{10}$  расп/с. Содержание радиоактивного вещества в различных материалах, например, почве, оценивается по удельным активностям  $a_m, a_v$ .  $a_m = A/m$  – массовая удельная активность,  $a_v = A/v$  – объемная удельная активность. Распад радиоактивных элементов сопровождается появлением  $\alpha, \beta, \gamma, n$  – излучениями, которые негативно влияют на биологические объекты.

Таблица 1 - Химические свойства почв мелиоративного мониторинга

СВОЙСТВО	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
<b>ПИЩЕВЫЕ СВОЙСТВА</b>	
MnO <sub>2</sub> в почве	Содержание марганца в почве в пересчете на MnO <sub>2</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в почве	Содержание фосфора в почве в пересчете на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
K <sub>2</sub> O в почве	Содержание калия в почве в пересчете на K <sub>2</sub> O
Общий азот	Содержание общего азота
Гумус	Содержание гумуса
Микроэлементы	Содержание Zn, Cu, Co, Mo, B, мг/кг
<b>СОЛЕВЫЕ СВОЙСТВА</b>	
Водная вытяжка	Содержание анионов HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , мг.экв/100 г
	Содержание катионов Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , мг.экв/100 г
Состав ионов ППК	Содержание ионов Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> в почвенном поглощающем комплексе, мг.экв/100 г
ЕКОст	Емкость катионного обмена стандартная
рН водной суспензии	рН водной суспензии (рН Н <sub>2</sub> O, потенциометрический метод)
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА</b>	
Токсичные тяжелые металлы	Содержание Cd, Hg, Pb, мг/кг
Радиоактивность	Содержание радиоактивных элементов в почве, распад которых сопровождается $\alpha, \beta, \gamma, n$ - излучением

Физические свойства почв представляют совокупность свойств, характеризующих состояние почвы и ее отношение к различным физическим воздействиям. Физические свойства почвы определяются гранулометрическим и минералогическим составом частиц, качеством и содержанием органического вещества, агрегированностью почвенных частиц, сложением, пористостью и плотностью почв, а также соотношением и составом разных фаз почвы (твердой, жидкой и газообразной). Принято рассматривать в почвоведении 42 физических свойства почв, наиболее важные из них для задач мелиорации, на наш взгляд, приведены в таблице 2.

Определения физических свойств почв, методы их изучения и измерения приведены в учебнике [5]. Данные мониторинга свойств почв представляются, как правило, в табличной форме.

Таблица 2 - Основные физические свойства почв

Свойство	Определение
Гранулометрический состав (аналитический метод)	Гранулометрический состав почвы (аналитический метод по Качинскому)
Удельная поверхность	Величина удельной поверхности почвы
Плотность почвы	Отношение массы сухой почвы, взятой без нарушения природного сложения, к ее объему
Плотность твердой фазы	Плотность твердой фазы почвы
Порозность почвы	Порозность почвы
Гигроскопическая влажность	Гигроскопическая влажность (ГВ) почвы
Наименьшая влагоемкость	Наименьшая влагоемкость (НВ) почвы
Влажность завядания	Влажность завядания (ВЗ) почвы
Полная влагоемкость	Полная влагоемкость (ПВ) почвы
Водопроницаемость	Величина водопроницаемости почвы

#### Список использованных источников

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. -768 с.
2. Плюснин И.И. Мелиоративное почвоведение. М.: Колос, 1971.
3. Воробьева Л.А. Теория и практики химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006.
4. Фокин А.Д., Лурье А.А., Торшин С.П. Сельскохозяйственная радиология. – С-Пб.: Лань, 2010.
5. Качинский Н.А. Физика почвы, ч.2. М.: Высшая школа, 1970.

## СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

**Е.В. Овчинникова**

ФБГНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

Мониторинг поверхностных водных объектов в пределах влияния гидромелиоративных систем отражает структуру Государственного мониторинга водных объектов, который предусматривает: постоянные наблюдения за состоянием водных объектов; сбор, хранение и обработку данных наблюдений; создание и ведение банков данных; оценку, составление прогнозов изменения состояния водных объектов и передачу соответствующей информации заинтересованным федеративным органам и осуществляется Министерством природных ресурсов и экологии России (МПРиЭ РФ), Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), специально уполномоченными госорганами в области охраны окружающей среды [1, 2]. Однако мониторинг водных объектов гидромелиоративных систем как подсистема Государственного мониторинга водных объектов не выделен. На локальном (объектном) уровне мониторинг водных объектов осуществляют водопользователи в порядке, определяемом территориальными органами Министерства природных ресурсов и экологии (МПРиЭ) России и представляют данные наблюдений в указанные органы в соответствии с водным законодательством.

Наблюдения за водными объектами в рамках экологического мониторинга при гидромелиорации земель ведутся водопользователями-собственниками водных объектов, а на объектах, находящихся в государственной собственности – службой эксплуатации мелиоративных систем.

Структурная схема экологического мониторинга поверхностных водных объектов в зоне действия гидромелиоративных систем представлена на рисунке 1. На этапе *сбора исходных данных для организации мониторинга* по информационным материалам Федерального агентства водных ресурсов (Росводресурсы) Министерства природных ресурсов и экологии России, Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) проводится анализ водохозяйственной обстановки и предварительная оценка эффективности использования воды и ее качества в пределах гидромелиоративной системы.

На этапе *обоснования постановки работ* определяются цели и задачи мониторинга, выделяются объекты наблюдений. Целью мониторинга поверхностных водных объектов является создание необходимых условий для обеспечения устойчивого экологически безопасного функционирования гидромелиоративных систем. Объектами мониторинга в пределах гидромелиоративной системы являются водопроводящая и водоотводящая сеть: водозабор, магистральные, распределительные и оросительные каналы, коллекторно-дренажная сеть.

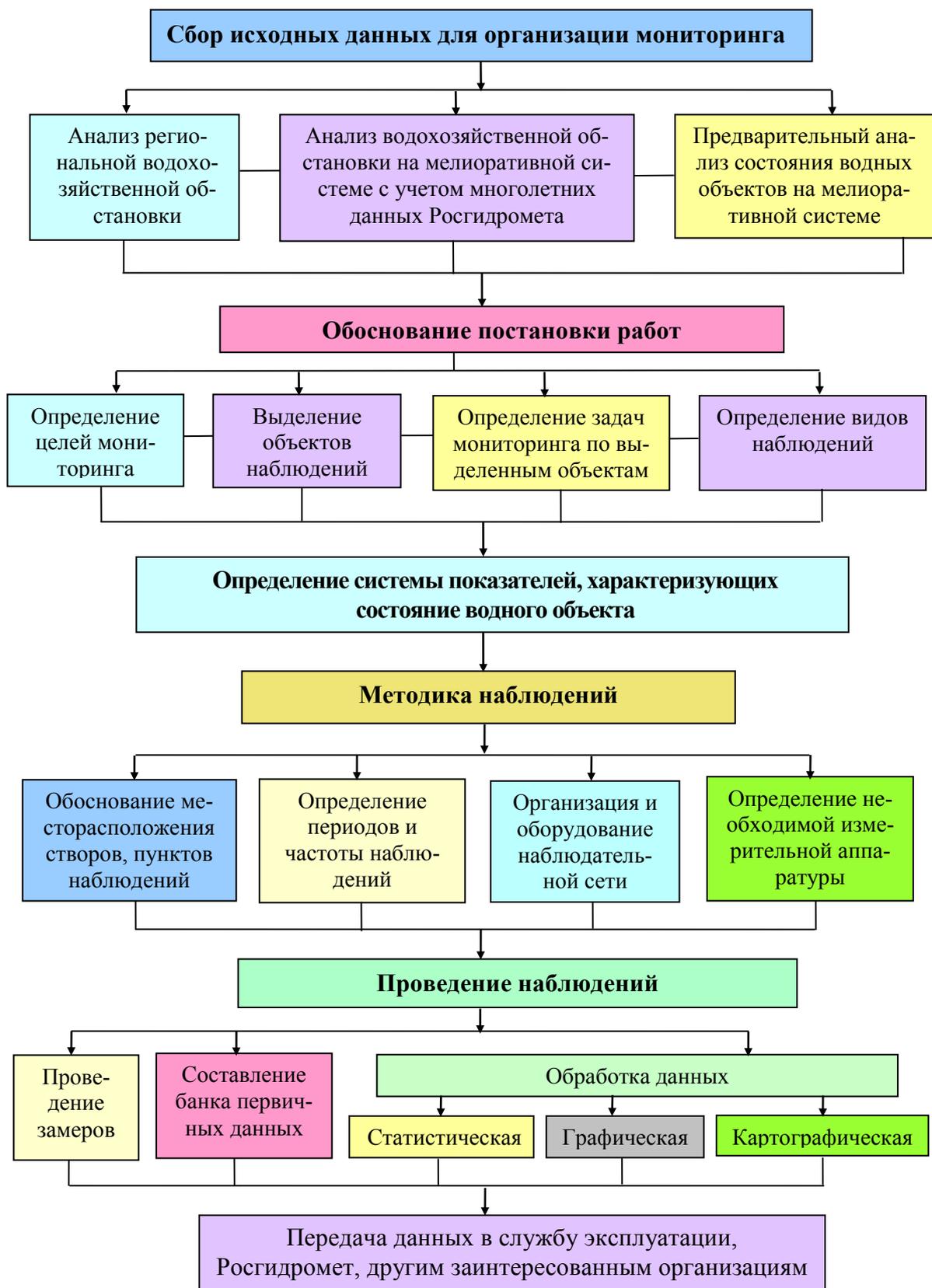


Рисунок 1- Структурная схема экологического мониторинга поверхностных водных объектов гидромелиоративных систем

На этапе *определения системы показателей, характеризующих состояние водного объекта*, определяется состав показателей, подлежащих оценке. При мониторинге качества воды при орошении показатели оценки должны быть уточнены применительно к природным и хозяйственным условиям конкретной гидромелиоративной системы. К основным показателям, подлежащим мониторингу, относят общую минерализацию, рН, содержание органических веществ, соотношение ионов натрия к кальцию и магнию, содержание соды, сульфатов, хлоридов, нитратов, нитритов, аммиака, фосфора, а также хлорорганических пестицидов и гербицидов. Учитывают опасность влияния на растения общего содержания солей, повышенного содержания бикарбоната натрия, хлора, магния, лития бора. Возможность осолонцевания почв за счет поглощения ионов натрия усиливается при наличии соды в оросительной воде [3]. В соответствии с требованиями Руководящего документа РД 52.24.309-2011 [4] наблюдения производятся комплексно по гидрохимическим, гидробиологическим, токсикологическим и гидрологическим показателям.

На этапе *обоснования методики наблюдений* определяется месторасположение пунктов наблюдений, в которых производится отбор проб; периодичность наблюдений; производится оборудование наблюдательной сети необходимой измерительной аппаратурой. Пункты наблюдений организуют в первую очередь на водоемах и водотоках, имеющих большое хозяйственное значение, а также подверженных значительному загрязнению сельскохозяйственными сточными водами. Пункты наблюдений устанавливают с учетом существующего использования водоема или водотока для нужд хозяйства, а также перспектив его развития на основании предварительных исследований, которые включают анализ сведений о водопользователях, об источниках загрязнения вод и имевших место аварийных сбросах загрязняющих веществ [4]. Периодичность наблюдений зависит от вида мониторинга, класса гидромелиоративной системы и динамики загрязняющих веществ в водоисточниках и коллекторно-дренажных водах.

На этапе *проведения наблюдений* осуществляется проведение замеров определяемых показателей. В зависимости от выбранного метода измерения проба воды для анализа может быть получена несколькими способами: путем однократного отбора всего количества воды, нужного для анализа; смешением проб, отобранных через определенные промежутки времени в одном месте исследуемого водного объекта; смешением проб, отобранных одновременно в разных местах исследуемого водоема.

На этапе *обработки результатов измерений* производится анализ и интерпретация результатов измерений – составление банка первичных данных и их обработка (статистическая, графическая, картографическая).

Таким образом, структурная схема экологического мониторинга поверхностных водных объектов, разработанная на основе применения современных методов получения, обработки и передачи данных, является важным инструментом управления экологической ситуацией на гидромелиоративной системе

и позволяет обосновать необходимые оперативные и управленческие решения для ее устойчивого функционирования.

#### **Список использованных источников**

1. Тихонова И.О. Экологический мониторинг водных объектов. [Текст] / Тихонова И.О., Кручинина Н.Е., Десятов А.В. // М.: Форум, 2012.
2. Тунакова Ю.А. Экологический мониторинг. [Текст] / Тунакова Ю.А., Желовицкая А.В., Шагидуллина Р.А., Иванов Д.В. Экологический мониторинг. // Казань: Изд-во "Отечество", 2014.
3. Методические рекомендации по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель. Вып. 1, 2. М.: ВНИИГиМ, 1978.
4. Руководящий документ 52.24.309-2011 "Организация и проведение режимных наблюдений за качеством поверхностных вод суши". Утвержден Росгидрометом 25.10.2011 г.

УДК 631.6:556.51:556.16

## **МОНИТОРИНГ ПОЛОВОДИЙ Р. ДЕСНЫ, РАСПОЛОЖЕННОЙ В БАССЕЙНЕ Р. МОСКВЫ**

**В. А. Павлушенко**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

При проектировании осушительных и осушительно-увлажнительных систем, которые в большинстве своем располагаются в низменных местах, большое значение приобретает высотное сопряжение этих систем с водоприемником. По утвержденному и введенному в действие с 17.06.2017 Своду правил СП 100.13330.2016 с актуализированной редакцией СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения» [1] следует, что реки, каналы, балки, овраги и другие водоемы и водотоки, в том числе и моря, могут быть использованы в качестве водоприемников. Водоприемник не должен подтапливать осушительные системы. При соблюдении указанных условий любая река может быть водоприемником осушительных и осушительно-увлажнительных систем.

Гидрологические наблюдения на р. Москве возле Перервинской плотины начаты еще в 1875 году [2]. По Государственному водному реестру р. Москва имеет длину 473 км, площадь водосбора 17600 км<sup>2</sup>, а ее приток р. Пахра - длину 135 км и водосборную площадь 2580 км<sup>2</sup>. С левой стороны в 55 км от устья в Пахру впадает р. Десна, имеющая длину 88 км и водосборную площадь 717 км<sup>2</sup>. Следовательно, реки Пахра и Десна относятся к малым рекам. Река Пахра по своим физико-географическим условиям является типовой рекой для Московского промышленного центра [3]. Ее приток Десна, также является типовой рекой переходного периода с пока еще преобладающим сельскохозяйственным использованием.

На реке Десна перед урбанизацией Новой Москвы были проведены многолетние наблюдения за уровнями воды [4]. В половодье 2008-2017 годов, наблюдались максимальные подъемы уровней воды от меженного горизонта на 3-4 м при высоте бровок коренного русла в 2-3 м, а скорости течения воды колебались в пределах 1,5-2,5 м/с. Особенность половодья 2017 года заключалась

в том, что из-за относительно теплой зимы в нижнем течении река Десна не замерзала всю зиму. Половодье, начавшись 26 февраля 2017 года, из-за выпадающих осадков, имело несколько небольших вершин и было растянуто до 20 апреля 2017 г. (рис. 1).

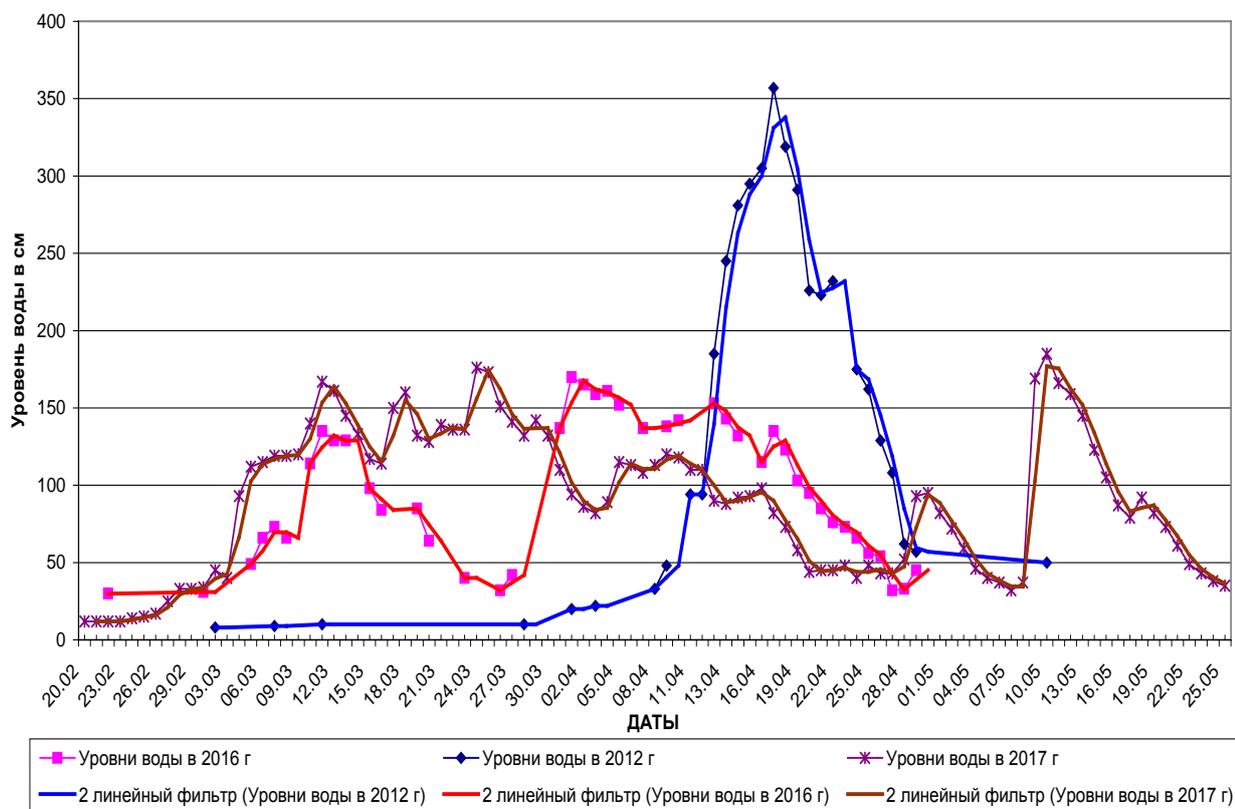


Рисунок 1 – Гидрографы половодий на р. Десне в Новой Москве

Как при наличии достаточных данных гидрометрических наблюдений, так и при их неполноте, формы расчетных гидрографов весеннего половодья принимают по моделям наблюдаемых высоких весенних половодий с самой неблагоприятной формой [5]. Следовательно, форма гидрографов, представленных на рисунке 1, может быть положена в основу проектных расчетов для других рек, сходных по природным условиям и хозяйственному использованию.

При создании информационно-экспертных систем (ИЭКС) мониторинга водных объектов [6], река Десна-московская может войти в группу водных объектов с изменяющимися (переходными) условиями хозяйственного использования, как типовая река. Кроме того, мы считаем, что в ИЭКС должны быть следующие основные группы водных объектов:

- водоисточники и водоприемники мелиоративных систем с техническими паспортами и статусом систем: действующие или нет;
- реки необжитых и слабозаселенных территорий, где отсутствует или минимальна хозяйственная деятельность, которые будут эталоном для сравнения с реками, подверженными антропогенному воздействию;
- реки промышленных и городских районов; лесные реки; горные реки;

- степные реки, преимущественно сельскохозяйственного использования;

- водные объекты, используемые для целей водоснабжения.

Выше изложенное относится к малым и средним рекам. Большие реки, такие как Волга, Дон, Двина, Енисей и др. могут классифицироваться несколькими группами, в зависимости от территории и хозяйственной деятельности.

Выводы:

1. Малая река Десна-московская в период ее урбанизации, является примером типовой равнинной реки для аналогичных рек с сельскохозяйственным использованием, протекающих возле крупных промышленных центров.

2. Построенные по наблюдениям гидрографы р. Десны могут применяться как модели при определении расчетных гидрографов стока воды весеннего половодья для других рек.

3. Учитывая, что в половодье уровни воды изменяются в основном в коренном русле, река Десна может использоваться как водоприемник осушительных систем.

#### Список использованных источников

1. СП 100.13330.2016 «Мелиоративные системы и сооружения», актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85.
2. Астраков В.П. Гидрографический очерк Москвы реки и ее притоков, Москва, 1879 г., 98 с.
3. Абрамов Д.И. Река Пахра как пример малых рек Московской области // АН СССР, Труды института географии, выпуск XXXVIII, М - Л, 1946г., 52с.
4. Павлущенко В.А. Половодья и их гидрографы на р. Десне в преддверии урбанизации Новой Москвы // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения, том I, М. 2016г., стр.118-122.
5. СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик».

УДК 502.3/7

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Г.В. Побединская<sup>1</sup>, А.В. Ильинский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, пос. Солотча, Россия

Исследование содержания нефтепродуктов в почве земель сельскохозяйственного назначения при строительстве магистрального нефтепродуктопровода (МНПП) «Кстово-Ярославль-Кириши-Приморск» на территории Тверской области проведено в составе комплексных мониторинговых исследований.

Результаты натуральных исследований позволяют объективно выполнить анализ состояния компонентов окружающей среды, подготовить их сравнительную характеристику (до и после строительства) в зоне влияния МНПП, и являться фундаментом при подготовке прогнозных возможных негативных последствий и предложений по устранению выявленных нарушений [1, 6]. При этом основная цель мониторинга почвенного покрова заключается в наблюдении и контроле над состоянием почв для своевременного выявления изменений и оценки негативного антропогенного воздействия [2, 3, 5].

Мониторинг и исследования состояния почвенного покрова проведены в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03, ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.1.02-83, ГОСТ 17.4.3.03-85, ГОСТ 17.4.4.02-84, МУ 2.1.7.730-99, ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06 и др. Отбор смешанных образцов осуществлен методом маршрутных ходов. Частота отбора смешанных образцов устанавливается в зависимости от пестроты почвенного покрова [4]. С каждого элементарного участка методом конверта отбирался смешанный образец на глубину пахотного слоя и направлялся для проведения химико-аналитических исследований в аккредитованную лабораторию. Почва оценивалась по степени загрязнения нефтепродуктами в соответствии с «Порядком определения размера ущерба от загрязнения земель химическими веществами».

По результатам исследований на участках завершённых строительных работ трассы МНПП, расположенных на территории Тверской области (таблица 1) было выявлено, что как на начало строительства трассы МНПП, так и после его завершения, общее содержание нефтепродуктов в почве низкое – в большинстве проб менее 50 мг/кг. Максимальное содержание нефтепродуктов в почве наблюдалось в пробе, отобранной в СПК «Большевик» и составило 70,0 мг/кг, однако и это значение оказалось существенно ниже допустимого предела (1000 мг/кг).

Таким образом, содержание нефтепродуктов во всех почвенных пробах до начала и после строительства МНПП очень низкое, находится в пределах от < 50 до 70 мг/кг, загрязнение почв нефтепродуктами на участках завершённых строительных работ трассы МНПП, расположенных на территориях Тверской области не выявлено. Полученные результаты исследований позволили установить параметры фоновых значений по нефтепродуктам для конкретных участков прохождения трубопровода, что впоследствии внесёт весомый вклад в обеспечение экологической безопасности при эксплуатации данной трубопроводной системы посредством реализации программы производственного экологического контроля над состоянием почв сельскохозяйственных земель и оценки негативных последствий от техногенного воздействия.

Таблица 1 - Содержание нефтепродуктов в почве на участках трассы до и после строительства МНПП

№ пробы	Место взятия образца	км по трассе	Содержание нефтепродуктов в почве, мг/кг	
			до начала строительства МНПП	после строительства МНПП
<b>Тверская область</b>				
109	р. Еглень, правый берег	379,0	<50	<50
110	р. Еглень, левый берег	379,9	54	<50
111	СПК «Неледино»	380,0	<50	<50
112	СПК «Неледино»	382,0	<50	<50
113	СПК «Нива»	384,0	<50	<50
114	СПК «Нива»	386,0	53	52
115	СПК им. Мичурина	393,0	54	54
116		365,0	52	52
117		396,0	67	69
118	Р. Григорка	408,0	<50	<50
119		410,0	60	58
120	р. Лойка, правый	418,0	60	60
121	р. Лойка, правый	418,5	<50	<50
122	СПК «Сознание»	423,0	54	54
123		424,0	<50	<50
124		425,0	52	52
125		430,0	70	69
126	СПК «Большевик»	435,0	<50	<50
127		437,0	54	54
128		439,0	<50	<50
129		440,0	<50	<50
130		443,0	52	52

#### Список использованных источников

1. Ильинский А.В. К вопросу повышения эффективности проведения работ по реабилитации техногенно загрязнённых земель с помощью внедрения современной системы комплексного контроля / А.В. Ильинский, Д.В. Виноградов, Г.Д. Гогмачадзе // АгроЭкоИнфо. – 2016, №3. [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/3/st\\_320.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/3/st_320.doc).
2. Ильинский А.В. Результаты применения аппликационного метода в оценке эффективности мероприятий по реабилитации техногенно загрязнённых земель / А.В. Ильинский, Г.В. Побединская // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. II Международная научно-практическая Интернет-конференция / Составление Н.А. Щербакова /ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия». с. Солёное Займище. - 2017. – С. 101-106.
3. Ильинский А.В. Экологические аспекты мониторинга мелиорируемых земель в условиях техногенеза на примере объекта «Тинки-2» Рязанской области / А.В. Ильинский, Г.В. Побединская, В.А. Игнатенко // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. Материалы международной научной конференции. Том II. –М.: Изд. ВНИИА, 2016. – С. 144–148.
4. Нейтрализация загрязнённых почв: монография / Под общ. ред. Ю.А. Мажайского. - Рязань: Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2008. – 528 с.

5. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении [Текст] / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская // Учебное пособие для химических, химико-технологических и биологических спец. вузов. – М.: Высшая школа, 2002. – 234 с.
6. Практика рекультивации загрязненных земель / Под ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2012. – 604 с.

УДК 502.3/7

## **НОРМАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

**Пуховский А.В.<sup>1</sup>, Пуховская Т.Ю.<sup>2</sup>, Крутова А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В современном мире гидросфера испытывает значительную техногенную нагрузку, потоки разнообразных загрязняющих веществ поступают в водные экосистемы, вызывая их деградацию и снижение качества воды, зачастую делая ее непригодной для питья. Из загрязнителей водных экосистем, особенно в густонаселенных регионах, в экологическом мониторинге многие исследователи акцентируют внимание на поступающие в результате антропогенного воздействия тяжелые металлы (ТМ). Большая часть ТМ - биохимически активные микроэлементы, обладают высокой степенью токсичности и способны к накоплению. Повышенное содержание ТМ создаёт опасность аномального развития обитающих в водной среде организмов. В аквальных экосистемах ТМ распределяются неравномерно, образуя зоны повышенного уровня загрязнения в эвфотическом слое, фронтальных зонах и поверхностном слое донных осадков. Накопление ТМ в верхнем слое донных отложений (ДО) обусловлено возникновением устойчивых техногенных аномалий с соответствующими им ареалами экологического риска для бентосных сообществ и районами вероятного вторичного загрязнения. Абсолютные значения концентрации металлов изменяются в очень широком диапазоне, и зоны повышенных концентраций не всегда определяются близостью к источнику загрязнения: в результате сложно определить уровень загрязнения и связанную с ним величину фактора риска для биологических сообществ [1]. На распределение и накопление ТМ в аквальных системах влияют физико-химические характеристики ДО: тонкодисперсные осадки преимущественно накапливают Ni, Co, V, Ti, Fe, Mn, а органические вещества – Zn и Cu; карбонатные минералы концентрируют Sr и As [2]. Для тонкодисперсных отложений характерно повышенное содержание органического углерода. Наличие же органических веществ в донных отложениях влияет на величину окислительно-восстановительного потенциала и, соответственно, может приводить к высвобождению металлов из донных отложений в водную среду [1].

При этом, однако, существует ряд факторов, которые могут способствовать методологическим и методическим ошибкам и неверной интерпретации

данных. Прежде всего, это разнообразие форм нахождения ТМ и отсутствие во многих публикациях детальной информации о выбранных методах анализа.

Определение растворимых форм ТМ (при явном доминировании сорбированных форм ТМ, т.е. результат определения будет сильно зависеть от способа отделения взвеси, консервации пробы и т.д.) в речной воде не отражает реальную загрязненность водного объекта. Более информативны ДО, т.к. являются депонирующей средой для тяжелых металлов в течение длительного времени и более надёжно отражают уровень загрязнения речной сети.

Анализ донных отложений позволяет определить характер распределения отдельных загрязняющих веществ, степень и глубину проникновения загрязняющих веществ в донные отложения, изучить закономерности процессов самоочищения. Анализ необходим для расчета элементов баланса, для определения источников вторичного загрязнения и учета влияния антропогенного воздействия. Однако для донных отложений пока не установлены нормативы предельных концентраций загрязняющих веществ, в том числе и тяжелых металлов [3]. В тоже время данные по ПДК ТМ в ДО со ссылкой на иностранные источники [4] представляются весьма заниженными с учетом опыта нормирования ОДК [5] для почв в нашей стране. Важным аспектом, сдерживающим регулярное и массовое исследование загрязненности ДО, является также высокая стоимость этих работ, что служит стимулом для поиска новых более дешевых и экспрессных методов отбора, пробоподготовки и анализа загрязненности донных отложений.

Река Сходня протекает через одну из самых промышленных, и кроме того густо населенных зон Московской области, что приводит к увеличению риска ее загрязнения. При исследовании пространственной неоднородности загрязненности ДО реки Сходня было отобрано 55 проб [6]. Пробы ДО доводили до воздушно-сухого состояния на фильтровальной бумаге, измельчали в фарфоровой ступке и тщательно перемешивали. Анализ проб на содержание тяжелых металлов проводили при помощи рентгено-флуоресцентного спектрометра SPECTROSCAN MAX по методу внешнего стандарта с использованием ГСО почв комплекта СЧТ [6].

Результаты статистической обработки приведены в таблице 1. Как видно из результатов таблицы, содержание всех ТМ очень сильно варьирует. Особенно настораживает сильное колебание содержаний железа и марганца, которые определяются в таких пробах с высокой надежностью и точностью. Проверка распределения данных показала, что оно значительно отличается от распределения Гаусса. Способ нормализации данных путем их логарифмирования описанный в работе [7] для данной ситуации оказался неприменим.

Таблица 1 - Содержание ТМ в ДО реки Сходня

Показатель	Pb мг/кг	Zn мг/кг	Cu мг/кг	Ni мг/кг	Fe, %	Mn мг/кг	Cr мг/кг	PbAs мг/кг	As (расч.)
Среднее	20	157	82	23	2	973	70	48	14
Станд. откл.	14	70	67	15	1	259	33	17	9

В результате исследования корреляционных связей, установлено, что наиболее сильные связи отмечены для:

Ni с Zn ( $r = 0,91$ ), Fe с Zn ( $r = 0,95$ ), Fe с Ni ( $r = 0,83$ ), Mn с Zn ( $r = 0,86$ ), Mn с Fe ( $r = 0,87$ ), Cr с Zn ( $r = 0,86$ ), Cr с Fe ( $r = 0,89$ ).

Поэтому, вероятнее всего, что колебания состава донных отложений в данной работе связаны с варьированием доли илистой фракции в пробах. Содержание железа, ассоциированного преимущественно с илистой фракцией, колебалось в ДО от 0,7 до 4,5%. Одновременно (и с высокими коэффициентами корреляции - от +0,7 до +0,96) с содержанием железа менялось содержание всех остальных элементов. Для снижения флуктуации результатов, повышения статистической оценки загрязненности и изучения пространственного варьирования ТМ в ДО состава проб предложено провести нормирование результатов определения к 1% содержанию железа (табл. 2).

Таблица 2 - Статистические характеристики массива данных по содержанию ТМ в ДО реки Сходня после нормирования к 1% содержанию железа

Показатель	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	Cr	PbAs	As (расч.)
Среднее	9,6	61,9	40,4	9,5	400,8	27,9	19,8	5,9
Погрешность ( $p=0.95$ )	1,8	2,9	10,4	1,0	18,4	2,4	1,2	1,4

Распределение данных после нормализации в пределах погрешности соответствует распределению Гаусса.

### Выводы

1. Контроль загрязнения донных отложений водных объектов тяжелыми металлами является необходимым для оценки их экологического состояния. Из существующих методов определения содержания тяжелых металлов в донных отложениях рентгено-флуоресцентный метод относится к числу наиболее перспективных ввиду экспрессности и экономичности.

2. В результате исследования было выявлено достоверное загрязнение донных отложений реки Сходня по всей ее длине такими элементами как цинк, никель, свинец, мышьяк.

3. Колебания состава донных отложений в данной работе связаны с варьированием доли илистой фракции в пробах. Так содержание железа, ассоциированное преимущественно в илистой фракции, колебалось от 0,7 до 4,5%. Симбатно (и с высокими коэффициентами корреляции - от +0,7 до +0,96) с содержанием железа менялось содержание всех остальных элементов.

4. Предложен прием в обработке данных для снижения флуктуации результатов, повышения статистической оценки загрязненности и пространственного варьирования состава проб путем нормирования результатов определения к 1% содержанию железа.

#### **Список использованных источников**

1. Кадошников В.М., Шкапенко В.В., Горлицкий Б.А., Писанская, И.Р., Смирнова Ю.Д. Тяжелые металлы в донных отложениях Севастопольской бухты. Минералогический журнал, 33, №4 – Институт геохимии окружающей среды НАН и МЧС Украины, 2011. – С.73-79.
2. Романов А.С., Орехова Н.А., Игнатьева и др. Влияние физико-химических характеристик донных осадков на распределение микроэлементов на примере бухт Севастополя (Черное море) // Мор. экол. журн., 2001. -№ 2. - С. 85-90.
3. Тихомиров О.А., Марков М.В., Накопление тяжелых металлов в донных отложениях аквальных комплексов водохранилища сезонного регулирования стока, Сборник - Ученые записки Казанского Университета, Том 151, кн.3 – 2009.
4. Гапеева М.В. Тяжёлые металлы в воде и донных отложениях Рыбинского водохранилища//Вода: химия и экология, 2013. -№ 5 (59).- С. 3-7.
5. Пуховский А.В., Пуховская Т.Ю. Рентгено-флуоресцентное определение тяжелых металлов в экологическом мониторинге почв. // Природообустройство, 2013.- № 2.- С. 11-14.
6. Крутова А.В. Рентгено – флуоресцентное исследование состава донных отложений (на примере реки Сходня /ВКР РГАУ МСХА по направлению магистратуры - Экология и природопользование. Москва, 2017.
7. Пуховский А.В. Об особенностях статистической обработки результатов агрохимических исследований // Агрохимия, 2001.- № 9. С. 66.

УДК 502.3/7

## **ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ПОЙМ МАЛЫХ РЕК КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**А.С. Уманский, Ю.А. Богрина, А.В. Шишкина**

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия

Экосистемы бассейнов малых рек очень чувствительны к антропогенному воздействию. Особое внимание при оценке геоэкологической ситуации на территории речного бассейна следует уделить почвенному покрову, в частности — почвам супераквальных ландшафтов, являющихся наиболее уязвимыми.

Аллювиальные почвы Калининградской области по сравнению с другими почвами исследованы слабее, причем в центре внимания исследователей были поймы крупных и средних рек. Поймы малых рек изучены в общих чертах [1,2]. Целью данного исследования является сравнение химических свойств аллювиальных дерновых почв пойм малых рек западной части Калининградской области.

В качестве объекта исследования выбраны почвы пойм рек Гурьевки (правый приток реки Преголи) и Прохладной (впадает в Вислинский залив). Бассейны рек расположены в различных геоморфологических районах - водосборная площадь реки Гурьевки охватывает юго-восток Самбийской возвышенности

(абсолютные отметки высот не превышают 53, 6 м, в среднем — 20-30 м), а река Прохладная собирает сток с северных склонов Вармийской возвышенности (абсолютные высоты до 148,9 м). В обоих случаях ключевые участки закладывались в нижнем течении реки.

В зависимости от ландшафтных условий в долине р. Гурьевки аллювиальные почвы сопряжены с дерново-подзолистыми иллювиально-железистыми, дерново-глеевыми и бурыми лесными глеевыми. Для долины р. Прохладной О.Л. Виноградовой (2002) выделен следующий топографический ряд: дерново-скрытоподзолистые — дерново-подзолистые глееватые и глеевые — аллювиальные дерновые глеевые. В ходе исследований, проведенных в 2015 году, было установлено, что в топографическом ряду присутствуют и дерново-глеевые почвы [4].

Пойма реки Гурьевки заболочена. Растительные сообщества представлены осоково-разнотравными ассоциациями с таволгой, рогозом, ситником, осоками, на повышенных участках — злаково-бобово-разнотравные ассоциации (ежа сборная, клевер ползучий, золотарник канадский, подмаренники). Морфологическое строение профиля следующее:  $A_d$  (0-3) -  $A_1$ (3-12)-  $B_g$  (12-23) -  $G_1$  (23-45) -  $G_2$  (45-70). Уровень грунтовых вод — 70 см. Гумусовый горизонт имеет легкосуглинистый гранулометрический состав, нижележащие горизонты — среднесуглинистые. Реакция среды колеблется от среднекислой ( $pH_{KCl} = 4,85..4,96$ ) до близкой к нейтральной ( $pH_{KCl} = 5,51..5,93$ ), причем колебания pH носят скачкообразный характер. Аналогично изменяются и значения физико-химических показателей — гидролитической кислотности и суммы поглощенных оснований, причем, на значение pH содержание  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  в почвенном поглощающем комплексе оказывает большее влияние, чем содержание ионов водорода и алюминия. Наибольшее значение гидролитической кислотности — 2,1 ммоль/100 г -отмечено в горизонте  $G_2$  при минимуме 1,58 ммоль/100 г в горизонте  $A_1$ . Для суммы поглощенных оснований: максимум отмечен в горизонте  $B_g$  — 10,44 ммоль/100 г, минимум — в горизонте  $G_1$  (4,0 ммоль/100 г). Соответственно, в этих же горизонтах наблюдаются максимальные и минимальные значения степени насыщенности основаниями - 84,4 и 70,67 %. Соотношение  $C:N = 25,3$ . Что касается содержания подвижного фосфора и обменного калия, то для содержания  $P_2O_5$  отмечено неуклонное снижение вниз по профилю — с 200 до 21 мг/кг, а для  $K_2O$  — возрастание с 20 до 58 мг/кг.

Пойма р. Прохладной занята тростниковыми и осоково-лисохвостными ассоциациями. Аллювиальные дерновые почвы характеризуются слоистым строением профиля:  $A_d$  (0-5) -  $A_1$  (5-12) -  $B_1$  (12-22) -  $B_2$  (22-34) -  $B_3$  (34-41) —  $B_C$  (41-51) -  $C_1$  (51-61) -  $C_2$  (61-92) —  $D$  (92-). Горизонты  $A_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  - среднесуглинистые,  $B_1$  и  $B_C$ , а также подстилающая порода — легкосуглинистые, горизонты  $C_1$  и  $C_2$  — супесчаные. Оглеение проявляется в профиле начиная с горизонта  $B_1$ . Реакция среды преимущественно кислая, за исключением горизонта  $C_1$ , где pH достигает максимального значения - 6,29 и горизонта  $D$ , где реакция среды близка к нейтральной ( $pH = 5,56$ ). Степень насыщенности почв основаниями невысока — от 19,59 до 45,52 %, поскольку значения гидролитической

кислотности превышают значения суммы поглощенных оснований, причем суммарное содержание кальция и магния резко снижается от верхних горизонтов к нижним. Соотношение C:N = 18,8. Содержание подвижного фосфора в верхних горизонтах низкое (минимум отмечен в горизонте В<sub>1</sub> — 25 мг/кг), начиная с горизонта ВС (58 мг/кг) оно начинает повышаться, достигая максимума в подстилающей породе — 163 мг/кг. Для обменного калия наблюдается обратная картина — содержание К<sub>2</sub>О падает вниз по профилю с 175 мг/кг в горизонте А<sub>1</sub> до 25 мг/кг в горизонте ВС и С<sub>2</sub>, незначительно повышаясь в горизонте С<sub>1</sub> до 29 мг/кг и увеличиваясь до 85 мг/кг в подстилающей породе.

При сравнении аллювиальных почв поймы р. Гурьевки с аналогичными почвами поймы р. Деймы [3] заметны различия в изменении содержания подвижного фосфора и обменного калия вниз по профилю, а также более низкое (по сравнению с поймой р. Деймы) содержание общего азота. Дальнейшие исследования, направленные на изучение структуры почвенного покрова, а также пространственного распределения показателей химических свойств почв и грунтовых вод, должны позволить определить причины установленных различий.

#### **Список использованных источников**

1. Анциферова О.А. Почвы Замландского полуострова и их антропогенное изменение. - в 2 т. / О.А. Анциферова - Калининград, 2008. - Т.2. - с.130-161.
2. Виноградова О.Л. Оценка эколого-геохимической устойчивости почв долинных ландшафтов Прегольской низменности. Автореферат на соискание ученой степени кандидата географических наук. / О.Л. Виноградова – Калининград, 2002. –24 с.
3. Уманский А.С. Почвенный покров бассейна реки Деймы: современное состояние и перспективы рационального использования. – Калининград, Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013 -с. 76-82.
4. Уманский А.С. Антропогенная трансформация почв речных долин Калининградской области // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем - Иркутск, 2016 — с.209-211.

УДК 614.777.

## **К ВОПРОСУ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ БАССЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬЯ ПО СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ**

**И.А. Усманов, А.К. Мусаева, Г.А. Ходжаева**

НИИ ирригации и водных проблем при ТИИМ, г. Ташкент, Узбекистан

Исследования узбекских экологов, выполненные в последние годы и посвященные рассмотрению и обсуждению различных аспектов проблемы экологического районирования административных территорий Узбекистана по степени опасности загрязнения окружающей среды для здоровья населения, подтвердили, что разработка в 1995 г. соответствующей методики [5] явилась важным научным вкладом, способствующим развитию экологической науки и санитарной практики [1, 2, 6]. Однако, с другой стороны, выявлен ряд её недостатков и необходимость модернизации [3, 4].

Необходимость совершенствования методики обусловлена несколькими причинами. Прежде всего, в некоторых разделах использовано недостаточное число количественных индикаторных показателей загрязнения (например, в разделе оценки уровней загрязнения почвы всего 3-х показателей). Кроме того, некоторые её положения не совпадают с содержанием вновь разработанных за этот период и утвержденных Министерством здравоохранения и Госкомприродой санитарно-нормативных и методических документов, а также недостатками 5-ступенчатой градации определяемых уровней загрязнения окружающей среды.

**Цель исследований** – выявление на примере оценки уровней загрязнения почвы и ее состояния после очистки территорий населенных пунктов недостатков методики, разработанной в 1995 г. [5], а также анализ содержания санитарно-нормативных документов по соответствующим разделам экологии и гигиены, утвержденных за период с 1991 г., определение приоритетных индикаторных показателей для последующего использования при совершенствовании и модернизации обсуждаемой методики.

В разработку были взяты нижеследующие санитарно-нормативные и методические документы по вышеупомянутым разделам экологии и гигиены:

- СанПиН РУз № 0127-02 «Санитарные правила инвентаризации, классификации, складирования и обезвреживания промышленных отходов»;
- СанПиН РУз № 0128-02 «Гигиенический классификатор токсичных промышленных отходов в условиях Республики Узбекистан»;
- СанПиН РУз № 0149-04 «Санитарные правила и нормы сбора, хранения и удаления отходов лечебно-профилактических учреждений»;
- СанПиН РУз № 0157-04 «Санитарные требования к хранению и обеззараживанию твердых бытовых отходов на специальных полигонах в условиях Узбекистана»;
- СанПиН РУз № 0158-04 «Санитарные правила и нормы сбора, транспортировки и хранения асбестосодержащих отходов в условиях Узбекистана»;
- СанПиН РУз № 0180-05 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков на ЗПО в природно-климатических условиях Узбекистана»;
- СанПиН РУз № 0183-05 «Гигиенические требования к качеству почвы населенных мест в специфических природно-климатических условиях Узбекистана»;
- СанПиН РУз № 0191-05 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) экзогенных вредных веществ в почве»;
- СанПиН РУз № 0212-06 «Санитарные правила и нормы гигиенической оценки степени загрязнения почвы разных типов землепользования в специфических условиях Узбекистана»;

- СанПиН РУз № 0272-09 «Санитарные правила и нормы составления гигиенических обоснований к схемам охраны почвы от загрязнения в условиях Узбекистана»;

- Методические указания по организации санитарной охраны почвы населенных мест Узбекистана (№ 012-3/0174).

На следующем этапе исследований на основе анализа вышеназванных санитарно-нормативных и методических документов был определен предварительный перечень индикаторных показателей загрязнения почвы, включающий более 40 оценочных показателей. Затем из этого перечня были отобраны приоритетные индикаторные показатели, имеющие достаточно выраженные коррелятивные взаимосвязи с показателями заболеваемости населения и пригодные для использования при проведении государственного санитарного надзора за объектами окружающей среды (таблица 1).

Таблица 1 - Перечень приоритетных индикаторных показателей допустимого загрязнения почвы и ее состояния после очистки территории населенных пунктов для последующего использования при совершенствовании методики 1995 г.

Наименование показателей	Допустимые величины показателей
1. Мышьяк (2,0 мг/кг по вал.содерж.), 1 класс по транслокации	<0,8 ПДК
2. Ртуть (2,1 мг/кг по вал.содерж.), 1 класс по транслокации	<0,8 ПДК
3. Фтор (10,0 мг/кг водораст.форма), 2 класс по транслокации	<1,0 ПДК
4. Сурьма (4,5 мг/кг по вал.содерж.), 2 класс по транслокации	<1,0 ПДК
5. При комбинации ЭХВ по ПДК и фонов. содержанию	выше фона, ниже ПДК
6. Индекс патоген.энтеробактерий в 1 г почвы	0 (отсутст.)
7. ОМЧ в 1 г почвы (млн.)	<3,0
8. Титр кишечной палочки	>0,1
9. Титр анаэробов	>0,01
10. Наличие энтеровирусов (к-во клеток в 1 г почвы)	<1,0
11. Жизнеспособность яйца и личинки гельминтов (шт/кг)	<1,0
12. Жизнеспособность цисты патоген. простейших (шт/кг)	<1,0
13. Личинки и куколки синантропных мух (шт/кг)	<1,0
14. Суммарный удельный вес нестанд. проб почвы (в %)	<10,0
15. Охват населения централиз. системой очистки (в %)	>90,0
16. Охват населения централиз. системой канализации (в %)	>50,0
17. Процент вывозимых ТБО и мусора	>90,0
18. Показатель «санитарное число»	>0,98
19. Содержание азота нитратов (мг/100 г почвы)	<0,2
20. Содержание хлоридов (мг/100 г. почвы)	<2,0

Эти показатели, вошедшие в итоговую таблицу, могут быть использованы в процессе совершенствования методики санитарно-гигиенического районирования административных районов в среднем течении бассейна реки Сырдарья по степени опасности загрязнения почвы и ее оценки после очистки территории населенных пунктов, для здоровья населения.

По мере совершенствования экологического и санитарного законодательства страны по вопросам гигиены и санитарной охраны почв возможны изменения данного перечня приоритетных индикаторных показателей.

#### **Список использованных источников**

1. Ильинский И.И., Искандарова Г.Т., Искандарова Ш.Т., Исхаков А.И. К вопросу развития перспективных направлений научно-практических исследований по гигиене и санитарной охране почвы в Узбекистане / Материалы науч.-практич. конф. – Ташкент, 2007. – С.29-30.
2. Ильинский И.И., Искандарова Ш.Т., Тетюхина Л.Г., Тупичина М.Г. К вопросу выбора показателей загрязнения почвы разных типов землепользования в условиях Узбекистана / Сборник научных трудов посвящ. 19-летию Независимости Республики Узбекистана. – Ташкент, 2010. – С.34-37.
3. Искандаров Т.И., Ильинский И.И., Искандарова Ш.Т. Санитарно-гигиенические проблемы охраны почвы от загрязнения в специфических природно-климатических условиях Узбекистана. - Ташкент, 2010. – 130 с.
4. Искандаров Т.И., Ильинский И.И., Искандарова Ш.Т. Гигиенические основы мероприятий по охране почвы от загрязнения в условиях Узбекистана (учебно-методическое пособие для студентов медицинских ВУЗов). – Ташкент, 2010 г. – 122 с.
5. Искандарова Ш.Т. Актуальные проблемы эколого-гигиенического районирования административных территорий. – Ташкент: Фан, 1996. – 98 с.
6. Пономарева Л.А., Бойко И.Б. Современные проблемы гигиены в Республике Узбекистан / Материалы науч.-практич. конф. «Актуальные проблемы гигиены, экологии и здоровья населения». – Ташкент, 2007. – С.21-22

УДК 631.445.12:614.841.42

## **ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА НА ТОРФЯНИКАХ**

**М.Ю. Храбров, Н.Г. Колесова**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Одной из актуальных экологических проблем являются пожары на торфяниках. На фоне глобального потепления климата это стихийное бедствие с ужасающей быстротой распространяется во всем мире, и эта проблема требует своевременного решения. Торфяные пожары – стихийное неконтролируемое распространение огня на природных территориях, при котором горит слой торфа. Пожары на торфяниках возникают обычно из-за неправильного обращения с огнем, от разрядов молнии или самовозгорания. Торфяные пожары также могут возникнуть в естественных условиях в результате снижения водного питания.

Основным природным фактором, определяющим возникновение очагов возгорания, являются погодные условия: жаркое и сухое лето, низкий уровень

атмосферных осадков, что способствует глубокому иссушению торфяников. Кроме природных факторов имеют значение антропогенные факторы: отсутствие полной объективной информации о районах залежей торфяников, отсутствие нормативно-правовой базы, должной координации различных служб по предупреждению и ликвидации пожаров, недостаток техники для пожаротушения, небрежное обращение с огнем.

К мероприятиям по предупреждению возникновения пожаров относятся: организация службы мониторинга состояния земель, инвентаризация гидромелиоративных систем по состоянию каналов, гидротехнических сооружений, дорог; оценка пожароопасности торфяных массивов (уровень залегания грунтовых вод, влажность торфа); реконструкция существующих гидромелиоративных систем; восстановление дорог; проектирование и строительство систем двойного регулирования водного режима на землях различных хозяйственных объектов; строительство дополнительных водоемов; рекультивация нарушенных земель.

Важнейшей особенностью торфяных пожаров является то, что они разгораются и распространяются очень медленно, но могут продолжаться очень долго – в течение многих месяцев и даже лет. Торф приобрел печальную известность в связи с подземными пожарами, которые практически не поддаются тушению и представляют собой огромную опасность. Подземные торфяные пожары могут быть малозаметными. Торф не горит открытым огнем, он тлеет, выделяя большое количество дыма. Тление торфа может продолжаться даже зимой, так как очаги тления оказываются прикрытыми от холода вышележащими слоями торфа или торфяной золы. Горение торфяной залежи отличается устойчивостью к выпадению осадков за счет гидрофобности битумированных частиц торфа, при этом влага уходит в грунтовые воды мимо частиц торфа, а торф продолжает гореть вплоть до полного выгорания месторождения. В почве образуются пустоты, в которые можно провалиться и сгореть. Скорость продвижения пожара – до нескольких метров в сутки. Толщина торфяного горящего слоя может достигать 10-15 метров. Распространение пожара в глубину ограничивается глубиной залегания минерального грунта или грунтовых вод [1].

Эффективно решить проблему можно путем обводнения торфяников до влажности более 50% полной влагоёмкости (ПВ), при которой торф не горит, или повторным заболачиванием осушенных массивов. Следует отметить, что обводнение территорий связано с большими материальными затратами и колоссальными объёмами работ. Каждый объект обводнения требует индивидуального подхода при его проектировании и строительстве, требуется разработка комплекса мероприятий технического, организационного и законодательного характера. Для снижения пожароопасности торфяников и торфяных земель используются различные способы. Высокую эффективность снижения пожароопасности обеспечивает затопление торфяников до уровня, предшествующего его осушению с возобновлением процесса торфообразования. Рекомендуется технология двустороннего регулирования уровня грунтовых вод с помощью

системы водопроводящих каналов, связанных с открытой или подземной сетью дрен, что дает возможность поддержания влажности торфа на безопасном уровне - более 50% полной влагоемкости.

Лесоосушительные системы по своей конструкции и эффективности соответствуют системам двойного регулирования, однако, в связи с продолжительным периодом достижения древесины товарного качества, срок окупаемости капиталовложений растягивается на десятки лет.

Рекультивация выработанных торфяников по существу является первым этапом применения вышеописанных систем обводнения. В зависимости от назначения рекультивируемых площадей используют сеть каналов двойного регулирования на землях, осваиваемых под возделывание сельскохозяйственных культур; лесоосушительную сеть при выращивании на рекультивируемых площадях леса. Рекультивация карьеров выработанного торфяника под водохозяйственные объекты является обязательным элементом всех обводнительных систем. Элементом рекультивации площадей выработанных торфяников является землевание, которое позволяет значительно улучшить водно-физические свойства торфа, снизить опасность возгорания торфа от небрежного обращения с огнём, солнечных лучей, удара молнии.

Для тушения пожаров на торфяниках применяются торфяные стволы ТС-2 при глубине прогорания до 2 м. Для только что возникших пожаров используют окапывание торфяников - отделение горящего торфа от краев воронки и его сбрасывание в выгоревшей зоне. Края воронки поливают водой со смачивателем или химическими лесными огнетушителями. Для поверхностных пожаров может быть эффективно перекапывание торфа. При помощи бульдозера перемешивают горячие и холодные слои торфа, что прекращает горение за счет понижения температуры торфа. Определенный интерес представляют изобретения, целью которых является предотвращение распространения пожара на торфяниках. Так, например, предлагается способ предотвращения распространения пожара на торфяниках, защищенный патентом RU 2247585 [2]. Согласно этому способу осуществляют устройство разрывных полос, подвод к ним воды, формирование увлажненной зоны, где по длине разрывных полос прокладывают кротодрены, в которые подают воду и производят увлажнение на всю глубину залегания торфа. Кроме того, для профилактической консервации поданной воды поверхность полосы над кротодреной рыхлят на глубину 0,15-0,20 м и ширину 1,0-1,5 м, а в непосредственной близости очага пожара поверхность полосы над кротодренами прикатывают. При этом в воду перед ее подачей в кротодрены добавляют вещества, препятствующие горению.

Прокладка кротодрен и подача в них воды позволяет обеспечить увлажнение всей толщи торфяного слоя. Рыхление поверхностного слоя разрывных полос над кротодренами на глубину 0,15-0,20 м и ширину 1,0-0,15 м приводит к нарушению капиллярного тока воды к поверхности полосы, благодаря чему даже при отсутствии водоупорного слоя ниже торфяника большая часть поданной влаги будет сохраняться в течение 2-3 месяцев. При возникновении непосредственной близости пожара производят прикатывание разрывной полосы,

что вызовет восстановление капиллярного тока и ее увлажнение. Кроме того, добавление в воду перед ее подачей в кротодрены веществ, препятствующих горению, в еще большей степени способствует предотвращению возгорания торфа и распространению пожара. В результате осуществления предлагаемого способа вокруг защищаемого объекта формируют полосу, увлажненную и насыщенную углекислым газом (или другим веществом, препятствующим горению) на всю мощность торфяного слоя.

По рекомендации МЧС при тушении пожара используют водные растворы пенообразователей, смачивателей, ретардантов. Вспомогательные химические составы, добавляемые в воду, делятся на пенообразующие, смачивающие и огнезадерживающие (ретарданты). Водные растворы смачивателей незаменимы для борьбы с устойчивыми почвенными пожарами, особенно торфами. Они способны быстро проникать в толстые слои торфа. Используются, когда подача воды представляет проблему. Смачиватель упрощает проникновение жидкости внутрь горючего материала. Экономия воды до 50%. Ранее известен сульфанол (30 г на ведро воды). В качестве поверхностно активных веществ используют моющие средства типа «Прогресс», «Дон», «Астра», а также группы ОП-7, ОП-Ю и др.

При обследовании горящих торфяников была отмечена чрезвычайно низкая эффективность тушения подземного очага горения подачей воды с поверхности из ствола пожарной машины. После подачи в локальный очаг более кубометра воды менее чем через час подземное горение торфа может возобновиться. Для обеспечения более надёжной ликвидации подземных очагов горения предложен способ тушения локальных очагов глубинного горения торфа (патент РФ №2444390) [3]. В соответствии с этим способом, в слое торфа выполняют вертикальную скважину, через которую по системе горизонтальных скважин в очаг горения впрыскивается вода, насыщенная углекислым газом. При этом оборудование для реализации этого способа может быть изготовлено на базе уже существующего оборудования для импульсной подачи воды при орошении. Предлагаемый способ тушения локальных очагов глубинного горения торфа позволяет насыщенную двуокисью углерода воду практически без потерь подавать непосредственно в толщу горящего торфа и, благодаря сочетанию охлаждения толщи горящего торфа водой и заполнению его порового пространства углекислым газом, повышает эффективность тушения глубинного пожара в локальных очагах.

В качестве превентивной меры разработан способ предотвращения распространения пожаров на торфяниках (Патент РФ №2457876) [4], который предназначен для защиты от подземного горения торфа населённых пунктов, расположенных вблизи выработанных торфоразработок, где сплошное затопление невозможно из-за опасности подтопления территории поселения. Согласно этому способу создаётся система пожарных прудов, объединённая линиями внутрипочвенных увлажнителей, обеспечивающих формирование ограждающей полосы с влажностью торфа более 50% НВ. Предлагаемый способ позволяет значительно повысить эффективность предотвращения распростране-

ния пожара на торфяниках и, собирая паводковые воды посредством дрен в прудах-накопителях, обеспечивать одновременно защиту объекта от весенних паводков.

Для защиты лесов, произрастающих на маломощных торфяниках, предложен способ прокладки противопожарных минерализованных полос и устройство для его осуществления (патент РФ №2472549) [5], согласно которому для защиты лесных массивов формируют минерализованную полосу путём перемешивания маломощного торфа с подстилающим минеральным грунтом с образованием негорючей смеси, что препятствует дальнейшему продвижению фронта подземного горения торфа. Данный способ создания противопожарных минерализованных полос, осуществляемый с помощью предлагаемого устройства путем формирования смеси из 70% торфа и 30% минерального грунта в сочетании с заполнением траншеи углекислым газом, позволяет повысить надежность предотвращения распространения подземного горения торфа, значительно сократив при этом стоимость и трудоемкость проводимых работ.

Проблема предупреждения распространения пожаров на торфяниках является актуальной, привлекает все большее внимание, поэтому предлагаемые способы могут быть востребованы.

#### **Список использованных источников**

1. Концепция региональной целевой программы «Предотвращение и ликвидация возгораний торфяников и торфяных почв Московской области». Москва, 2010 г. 72С.
2. Патент РФ №2247585 бюлл. №7, 2005 г. Способ предотвращения распространения пожара на торфяниках. Губин В.К., Губер К.В., Храбров М.Ю., Канардов В.И., Колесова Н.Г., Фомин А.И. ВНИИГиМ.
3. Патент РФ №2444390. бюлл. №7, 2012 г. Способ тушения локальных очагов глубинного горения торфа. Кизяев Б.М., Губин В.К., Губер К.В., Храбров М.Ю., Максименко В.П., Жезмер В.Б.
4. Патент РФ №2457876. Бюлл. №22. 2012 г. Способ предотвращения распространения пожаров на торфяниках. Кизяев Б.М., Губин В.К., Губер К.В., Храбров М.Ю., Максименко В.П., Жезмер В.Б., Кудрявцева Л.В.
5. Патент №2472549 бюлл. №2. 2013. Способ прокладки противопожарных минерализованных полос и устройство для его осуществления. Кизяев Б.М., Губин В.К., Губер К.В., Храбров М.Ю., Максименко В.П., Жезмер В.Б., Кудрявцева Л.В.

УДК: 556.531(575)

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД СРЕДНЕЙ АЗИИ**

**Э.И. Чембарисов<sup>1</sup>, И.Э. Махмудов<sup>1</sup>, Ж.Б. Мирзакобулов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>НИИИВП при ТИИИМС, г. Ташкент, Узбекистан;

<sup>2</sup>ТИИИМС, г. Ташкент, Узбекистан

Коллекторно-дренажные воды — это воды, которые вытекают из дрен и коллекторов с орошаемой территории и часто попадают обратно в реки и их

притоки или же сбрасываются в различные природные понижения: озера, впадины, овраги и др. Эти воды — часть так называемых возвратных вод, понимая под этим воды, забранные на орошение в верховьях рек и частично вернувшиеся в их русла ниже по течению подземным и поверхностным стоком, т.е. они имеют подземную и антропогенную составляющие [1,2].

В данной статье не выделены различные генетические компоненты коллекторно-дренажного стока, дана только общая характеристика величины расходов воды в отдельных наиболее крупных коллекторах и дренах и ее минерализация, а при наличии данных - и химический состав вод; описаны в общих чертах характеристики коллекторно-дренажных вод по отдельным водохозяйственным районам бассейнов рр. Сырдарья и Амударья. Это соответствует принятому авторами принципу бассейнового разделения территории Средней Азии.

Наибольший годовой объем коллекторно-дренажных вод в бассейне р.Сырдарья формируется в Ферганской долине (до  $7,5 \text{ км}^3$ ) и в Голодной степи (включая старую и новую зоны орошения), где за год выносятся  $2,6 \text{ км}^3$  дренажных вод. С территории Ташкентского оазиса поступает  $1,2 \text{ км}^3$  воды. Значительно меньше ее выносятся с орошаемых массивов низовьев реки. Наиболее минерализованы коллекторно-дренажные воды бассейна р.Сырдарья в Кызылординском оазисе — до  $4,2 \text{ г/л}$ , эти воды обычно сульфатно-натриевые. Несколько меньше минерализация коллекторных вод в Арысь-Туркестанском и Голодностепском массивах ( $2,7 \text{ г/л}$ ), еще меньше ( $2,2 \text{ г/л}$ ) - в Ферганской долине, а наименьшая минерализация этих вод ( $1,7 \text{ г/л}$ ) наблюдается в Ташкентском оазисе. За пределы орошаемых массивов бассейна Сырдарьи выносятся миллионы тонн солей в год, и большая часть их попадает в русла главных рек, дренирующих эти орошаемые массивы.

В бассейне р. Амударья наибольший объем коллекторно-дренажных вод формируется в пределах Туямуюнского ирригационного района (до  $4,71 \text{ км}^3$  в год). Причем здесь они имеют минерализацию равную  $4,2 \text{ г/л}$ . По составу эти воды сульфатно-хлоридные — кальциево-магниевые-натриевые (ХС — КМН). Большая часть коллекторно-дренажных вод данного оазиса отводится межреспубликанскими коллекторами в Сарыкамышскую впадину.

В пределах Туркменского прибрежного (Любапского) ирригационного района формируется  $2,31 \text{ км}^3$  коллекторно-дренажных вод с минерализацией равной  $3,5 \text{ г/л}$ . Состав этих вод преимущественно сульфатно-хлоридный — кальциево-магниевые-натриевый (СХ-КМН). Примерно столько же коллекторно-дренажных вод образуется в низовьях бассейна Амударьи в орошаемой зоне Республики Каракалпакстан. Минерализация этих вод также высокая: до  $4,0 \text{ г/л}$ , состав воды преимущественно хлоридно-сульфатный — кальциево-магниевые-натриевый.

На территории Вахшского массива образуется  $2,67 \text{ км}^3$  коллекторных вод, а в пределах Сурхан-Шерабадского —  $0,95 \text{ км}^3$ . Менее минерализованы эти воды в Вахшской долине ( $1,8 \text{ г/л}$ ), а на Сурхан-Шерабадском массиве этот показатель равен  $2,4 \text{ г/л}$ . Состав этих вод преимущественно сульфатно-хлоридный —

магниево-натриево-кальциевый. За пределы орошаемых массивов бассейна Амударьи в год выносятся до 33,84 млн. т солей и больше всего из Хорезмского и Дашхаузского оазисов (до 19,7 млн.т), меньше — из Сурхан-Шерабадского массива (2,3 млн.т).

Значительные изменения в качестве водных ресурсов Средней Азии происходят под воздействием антропогенных нагрузок. Основным источником загрязнения водных ресурсов является орошаемое сельское хозяйство (78%), где образуются большие объёмы коллекторно-дренажных вод. Свою долю в загрязнение вносят промышленность (около 18%) и коммунально-бытовой сектор (около 4%).

Более подробно рассмотрим характеристики коллекторно-дренажных вод Республики Узбекистан. Из общего стока коллекторно-дренажных вод (КДВ) в реки отводится от 46 до 51%, из них на орошение использовано около 3% (в основном в Самаркандской, Ташкентской Сырдарьинской, Андижанской, Наманганской, Джизакской, Ферганской и Навоийской областях). Остальная часть дренажных вод, примерно 50%, отведена за пределы области - в естественные понижения. Наибольшие объёмы КДВ регистрируются в Республике Каракалпакстан, Ферганской долине, в Хорезмской, Сырдарьинской и Бухарской областях.

Наибольшее загрязнение коллекторно-дренажными водами наблюдается в низовьях малых рек. Проведенные исследования показали, что по общему количеству сбрасываемых токсичных веществ наибольший вклад в загрязнение вносят хозяйства Кашкадарьинской, Ферганской и Хорезмской областей.

Однако, в целом о качестве КДВ судить трудно, так как систематические наблюдения ведутся только выборочно и, в основном, по минерализации. Определение загрязнения по другим ингредиентам практически не ведется. Но химизация сельскохозяйственного производства, наличие фактов сброса в коллекторы сточных вод и т.п. свидетельствуют, что дренажные воды загрязнены остаточными количествами пестицидов, минеральными удобрениями и др. загрязняющими веществами.

Таким образом, на каждом орошаемом массиве Средней Азии формируются коллекторно-дренажные воды с более высокой минерализацией по сравнению с речными водами. Попадая обратно в реки, эти воды не только увеличивают ее расходы, но и изменяют величину естественной минерализации.

#### **Список использованных источников**

1. Духовный В.А., Баклушин М.Б., Томин Е.Д., Серебренников Ф.В. Горизонтальный дренаж орошаемых земель.- М: Колос,1979.-250с.
2. Чембарисов Э.И. Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии.— Ташкент, Укитувчи.—1989, 232 с.

# ***ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ В МЕЛИОРАЦИИ***

УДК 627.841:333.93

## **МОНИТОРИНГ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ И ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**В.Р. Енакаева, Н.М. Попова, Л.А. Шукурова**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

На сегодняшний день мониторинг, включающий регулярный сбор, обработку и анализ информации, является наиболее востребованным и неотъемлемым компонентом систем информационного обеспечения и предоставляет новые возможности для выявления тенденций изменения состояния контролируемого объекта, а также результатов деятельности системы управления и повышения обоснованности принимаемых управленческих решений. Водным кодексом РФ статьями 30 и 31 предусмотрено ведение Государственного мониторинга водных объектов (ГМВО) и Государственного водного реестра (ГВР).

ГМВО осуществляется в целях информационного обеспечения управления в области использования и охраны водных объектов и представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов. ГВР представляет собой систематизированный свод документированных сведений о водных объектах и создается в целях информационного обеспечения комплексного и целевого использования водных объектов, их охраны, а также в целях планирования и разработки мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий. В состав информационных реестров входят водные объекты, находящиеся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, собственности физических и юридических лиц.

Информация, поступающая в ГВР и ГМВО, формируется федеральными государственными бюджетными учреждениями «Управления мелиорации» (79 ФГБУ). Непосредственные пользователи информации - Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Департамент мелиорации). Пользователями Государственных информационных ресурсов ГВР и ГМВО являются: Министерство Природных Ресурсов Российской Федерации; организации, которым поручено выполнение работ по СКИОВО и ПИВР; заинтересованные водопользователи.

Разработка автоматизированной информационной системы по созданию и ведению ГВР и ГМВО, находящихся в ведении Минсельхоза РФ, проводилась в соответствии с Федеральным законом от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель» (с изменениями от 2003, 2004, 2006, 2008 гг.); Водным кодексом РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ; Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2007 г. № 253 «О порядке ведения государственного водного реестра»; Приказом Минприроды России от 30 ноября 2007 г. № 316 «Об утверждении порядка представления и состава сведений, представляемых Министерством сельского хозяйства Российской Федерации для внесения в Государственный водный реестр»; Приказом Минприроды России от 06 февраля 2008 г. № 30 «Об утверждении форм и порядка представления сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками водных объектов и водопользователями».

Основной задачей при разработке автоматизированной информационной системы являлось формирование БД на основе единого информационного пространства. При разработке структуры БД по формированию сведений, представляемых в ГВР, а также информации, полученной в результате наблюдения за водными объектами ГМВО, Минсельхоза РФ (ГМВО), были взяты за основу данные инвентаризации ГТС Министерства сельского хозяйства РФ.

Сведения, поступающие от федеральных государственных учреждений (ФГБУ) в области мелиорации, которые выполняют функции балансодержателей и эксплуатационных организаций МС и отдельно расположенных ГТС федеральной собственности, ежегодно обновляются в рамках административных регламентов Министерства сельского хозяйства РФ: Учет мелиорированных земель, Паспортизация – приказы Минсельхоза России от 27 января 2009 г. № 33; от 22.10.2012 № 559; Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель» и Инвентаризация мелиорированных земель и мелиоративных систем различной собственности (проводилась в 2010 – 2011 годах в соответствии с указанием Минсельхоза России от 05.10.2010 № ЕС-20-27/9931).

Сбор и анализ полученных данных осуществлялся в режиме системного мониторинга с использованием Интернета. Структура автоматизированной информационной системы и основные информационные потоки отражены на рисунке 1.

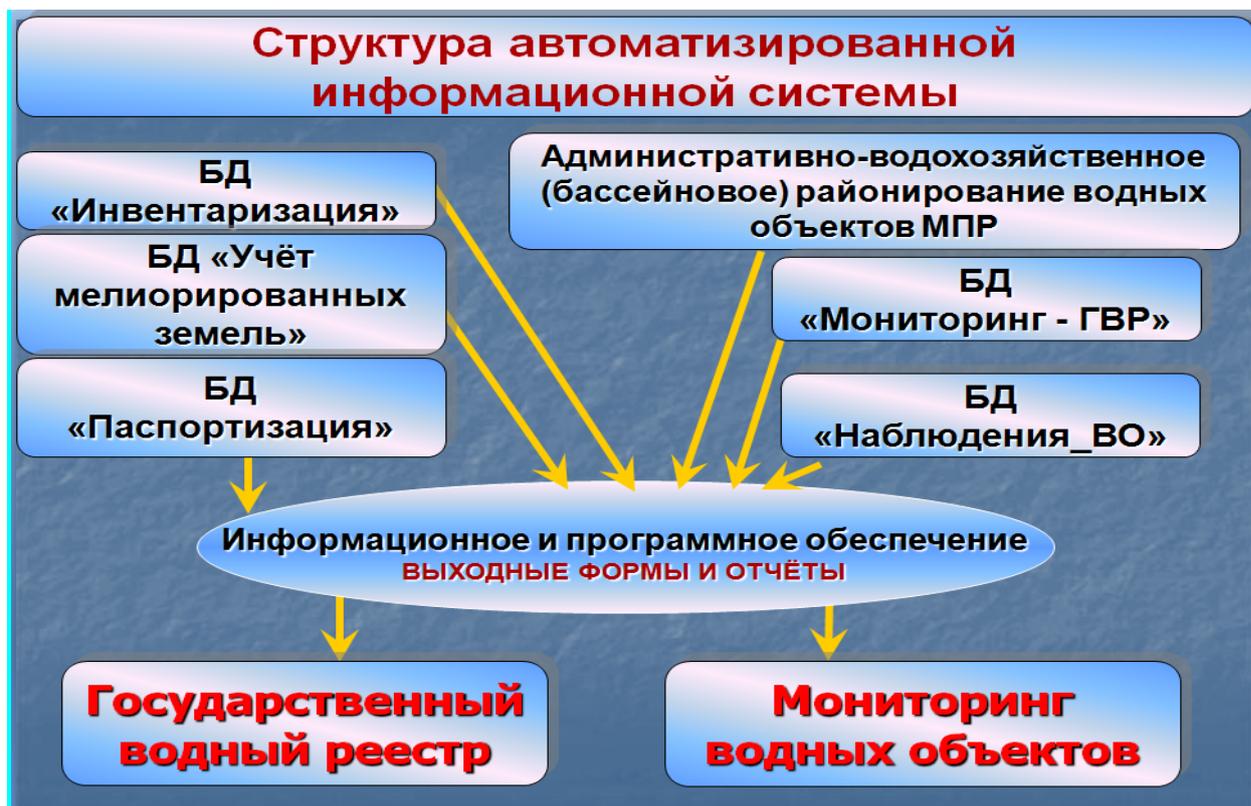


Рисунок 1 – Основные информационные потоки БД

Указанный информационный ресурс включает отчетность 79 территориальных ФГБУ «Управлений мелиорации» Департамента мелиорации Минсельхоза России, в ведении которых находятся мелиоративные системы и гидротехнические сооружения федеральной собственности, систематизированную и обработанную ФГБНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии совместно с ФГБУ «Сельхозводоснабжение» по заданию Департамента мелиорации Минсельхоза России, который представляет сведения в Росводресурсы для включения в ГВР и ГМВО.

#### **Технология формирования БД «Мониторинг-ГВР»**

Формирование БД «Мониторинг-ГВР» осуществляется с использованием специально разработанного программного обеспечения и выполняется в несколько этапов. Головные процедуры и вспомогательные процедуры написаны на языке Visual Basic for Applications (VBA), которые на основе функционирования БД позволяют решать следующие задачи:

- ввод и проверку исходных данных в БД «Инвентаризация» и БД «Мониторинг-ГВР»;
- выпуск сводных отчетов по БД «Инвентаризации» для представления их в Демелиорацию;
- выпуск сводных отчетов по БД «Мониторинг-ГВР» для представления их в Минприроды РФ.

Работа проводится в несколько этапов.

**ЭТАП 1** – формирование БД «ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ» по состоянию на 01.01. текущего года [1-3].

**ЭТАП 2** – формирование БД «Мониторинг-ГВР».

**ЭТАП 3** – формирование выходных таблиц ГМВО и ГВР для конкретного ФГБУ из БД «Мониторинг-ГВР».

**ЭТАП 4** – проверка и корректировка данных ГМВО и ГВР.

Разработанные средства компьютерного контроля позволяют выполнить проверку основных показателей МС на:

- корректность кода мелиоративной системы;
- корректность площадных показателей МС;
- корректность показателей объема забора (подачи) воды;
- соответствие площадных показателей МС с данными по учету мелиорированных земель, представленными на сайте Минсельхоза России;
- полноту представленных данных по государственным мелиоративным системам.

По окончании формирования и контроля выходных таблиц ГМВО и ГВР, полученные таблицы с данными пересылаются в ФГБУ для окончательной проверки.

**ЭТАП 5** – формирование итогового файла ГМВО и ГВР.

Программный модуль Сборка формирует итоговый файл для передачи в Росводресурсы.

#### **Список использованных источников**

3Брайнин А.Л., Бубер А.Л. Использование системы управления базами данных Microsoft Visual Foxpro при изучении результатов инвентаризации объектов мелиоративных систем в 2002 г. / В сб. Мелиорация и окружающая среда, том 2. -М.: ВНИИГиМ, 2004, стр. 255-259.

4Брайнин А.Л., Бубер А.Л., Шукурова Л.А. База данных отдельно расположенных гидротехнических сооружений, находящихся в федеральной собственности / Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования. Научное издание. (Под редакцией академика РАСХН Б.М. Кизяева). – М., 2006. с.539-546.

5Брайнин А.Л., Бубер А.Л., Шукурова Л.А. База данных государственных мелиоративных систем / Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования. Научное издание. (Под редакцией академика РАСХН Б.М. Кизяева). – М., 2006. с.546-556.

УДК: 631.674.5:504.064.36

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

**М.Н. Лытов**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Концепция современных информационных систем реального времени диктует необходимость всемерного сокращения временных задержек между физическим измерением мониторинговых показателей и созданием результирующих продуктов, таких как информационная карта, формирование и реализация управляющего решения и т.д. [1, 2]. Наряду с этим нельзя недооценивать и объективные

трудности реализации процесса мониторинга и управления орошением в режиме реального времени. В частности, важно учитывать необходимость неоднократного транслирования данных от одного из пространственно-разнесенных модулей информационной системы к другому, возможные сбои передачи данных в полевых условиях, сложность вычислительных алгоритмов, определяющих объективные задержки времени на обработку первичной информации, выработку управляющих решений их ранжирование по условиям оптимальности, субъективные задержки времени на принятие решений и реализацию управляющих действий [3, 4].

Преодоление объективных трудностей реализации процесса мониторинга и управления орошением в режиме реального времени связано с необходимостью разработки специальных алгоритмов функционирования информационной системы, которые учитывали бы объективные задержки времени от момента съема мониторинговой информации до момента реализации управляющего решения. На рисунке 1 представлен один из вариантов такого рода алгоритмов.

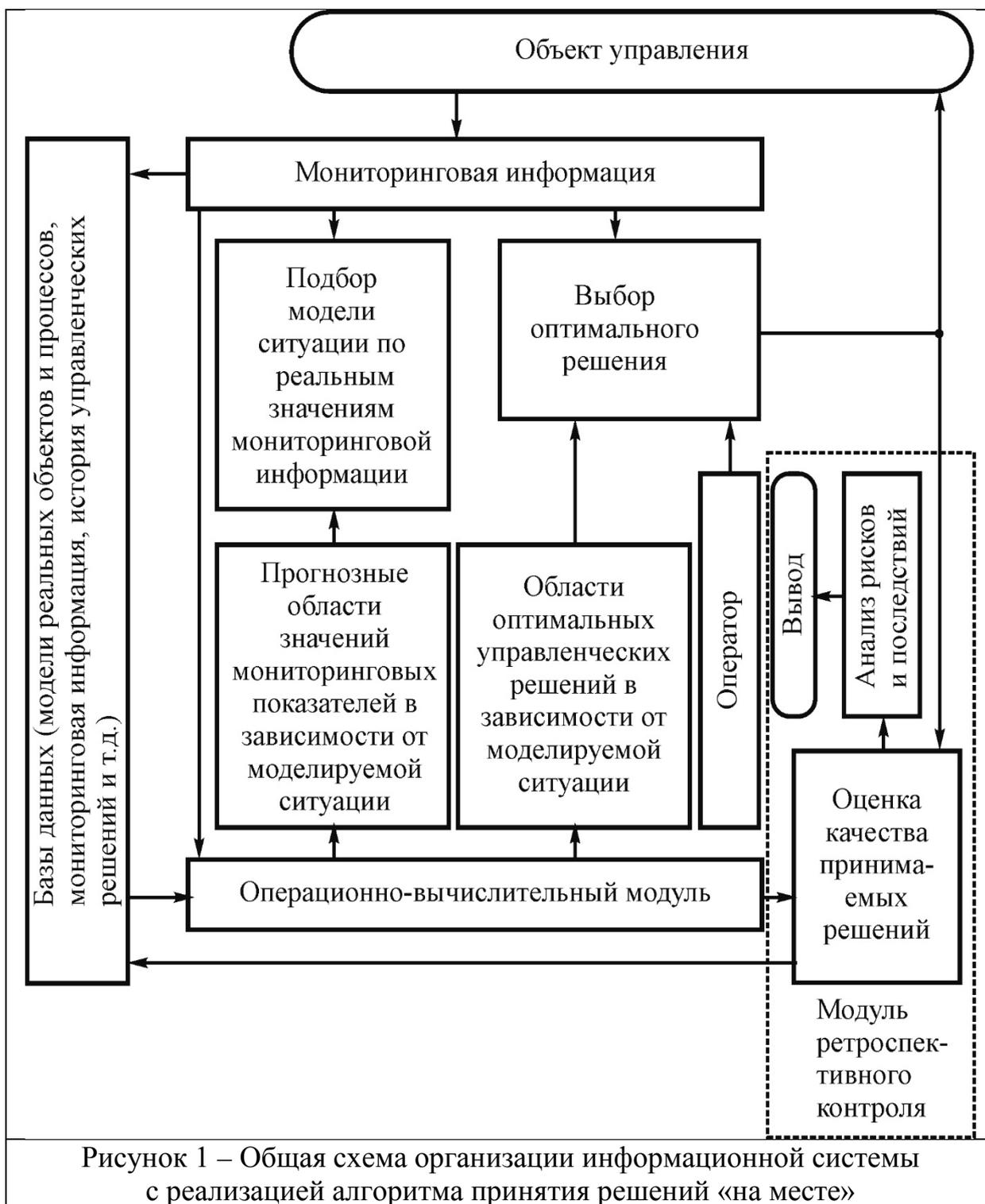
В основу предложенного алгоритма положено моделирование мелиоративных объектов и процессов, реализуемых в рамках оптимального управления водным режимом почвы. Использование математических моделей позволяет на основе численных экспериментов определить прогнозные области значений мониторинговых показателей в зависимости от моделируемой ситуации. При этом результаты фактических измерений могут соответствовать области прогнозных значений контролируемых показателей, или отличаться от них в ту или другую сторону. Если фактические значения контролируемых показателей соответствуют области прогнозных значений, значит выполнение технологического процесса соответствует моделируемой ситуации.

В случае, если фактические и прогнозные значения мониторинговых показателей расходятся, то технологический регламент не выполняется. И в том в другом случае формируются соответствующие ситуации управленческие решения.

Особенностью предлагаемой схемы организации информационной системы является возможность транслирования смоделированных прогнозных областей значений мониторинговых показателей непосредственно к объекту управления. Это позволяет сократить временные задержки на выполнение вычислительных процессов и дистанционную передачу данных. Одновременно с транслированием прогнозных значений осуществляется передача пакета управляющих решений. Пакет управляющих решений формируется на основе типовых (нормированных) модельных ситуаций, а также для случаев, когда фактические значения мониторинговых показателей выходят за пределы области прогнозных значений.

На основе сравнения измеренных значений мониторинговых показателей с модельными (прогнозируемыми) значениями производят подбор модели состояния (ситуации) объектов управления и выполнения ими технологического процесса. Выбранная модель состояния определяет область оптимальных управленческих решений. Функция оператора при этом сводится к выбору оптимального управленческого решения из ранжированного списка, либо к воз-

возможности блокировки исполняемого действия при автоматизированном (машинном) выборе управляющего решения.



Таким образом, предложенная схема организации информационной системы и алгоритм принятия решения «на месте» позволяет имитировать присутствие оператора непосредственно у объекта управления, когда тот «видит» поведение объекта и непосредственно на основе этой информации принимает управляющее решение. Де-факто оператор сравнивает наблюдаемое поведение

объекта (процесса) с интуитивной моделью поведения объекта (процесс), базирующейся на личном опыте субъекта (оператора). В +предложенной схеме интуитивная модель подменяется математической моделью объектов и самого процесса орошения, что позволяет решать задачи оптимального регулирования водного режима почвы на более высоком уровне. Использование предложенного алгоритма позволяет также успешно решать эту проблему временных задержек в рамках рассматриваемой модели автоматизированной информационной системы мониторинга и управления орошением в режиме реального времени.

#### **Список использованных источников**

1. Древис Ю.Г. Системы реального времени: технические и программные средства / Ю.Г. Древис – М.: МИФИ, 2010. – 320 с.
2. Чефранов А.Г. Проектирование систем реального времени / А.Г.Чефранов, Р.В. Троценко. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. - 226 с.
3. Бородычев, В.В. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А.С. Овчинников, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 (40). – С. 21-28.
4. Бородычев, В.В. Аппаратное обеспечение мониторинга работы дождевальной техники на основе технологий глобального спутникового позиционирования / В.В. Бородычев, Е.Э. Головинов, М.Н. Лытов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2. – С. 48-52

УДК 631.004

### **БАЗА ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «МЕЛИОРАЦИЯ»**

**А.Н. Николаенко**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Мелиорация с/х земель, как самостоятельная прикладная наука, за время своего развития наработала значительный методологический опыт и объем исследований мелиоративных объектов. При этом, кроме собственных, применяются данные смежных прикладных и фундаментальных наук (гидрология, почвоведение, растениеводство, математика и т.д.). Накопленная информация требует современных подходов для ее систематизации и обобщения в целях эффективного использования при проектировании мелиоративных сельскохозяйственных систем. Исключение дублирования научных исследований, сокращение сроков предварительных стадий мелиоративных проектов может быть достигнуто путем применения современных информационных технологий в мелиоративно-сельскохозяйственной науке. Основой таких подходов является широкое использование компьютеризированных баз данных, содержащих необходимую информацию для соответствующих экспертных и аналитических оценок проектов, систем поддержки принятия решений и автоматизированных систем проектирования [1], которые в настоящее время разрабатываются и применяются в различных областях знаний. В частности, в последние десятилетия была создана специальная научная дисциплина Data Mining, методы кото-

рой предназначены в основном для обработки сведений, хранящихся в больших базах данных, содержащих миллионы строк фактической информации об исследуемых объектах. Очевидна своевременная необходимость применения уже накопленных и разработки новых методов для конкретных вышеуказанных приложений в мелиорации земель.

Результаты разработок предполагается использовать научными и проектными организациями мелиоративного и сельскохозяйственного профиля, а также правительственными и государственными органами для мониторинга ресурсных составляющих водного и сельского хозяйства, являющихся неотъемлемой частью экономической безопасности государства.

**Концепция разработки базы данных (БД) и системы управления базой данных (СУБД) для с/х мелиорации.** Исходя из главной задачи мелиорации земель – поддержание и повышение уровня продуктивности территорий сельскохозяйственного назначения, в основу разрабатываемой системы могут быть включены объекты: почва, растения, водные объекты, которые обладают соответствующими свойствами. Свойства объектов, как количественные, так и качественные (например, типы минерализации воды или засоленности почв) записываются, как правило, в табличной форме и могут быть сохранены в соответствующих базах данных. Сами объекты находятся во взаимодействии (или в окружении) с некоторыми другими, внешними по отношению к ним, системами: климат, экология, экономика. Состояние окружения влияет и даже может определять текущее состояние свойств объектов. Свойства объектов могут изменяться под воздействием методов (технологий), назначение которых изменять свойства объектов и переводить их в новое, требуемое состояние. Методы, изменяющие свойства объектов - это в основном различные мелиоративные технологии: орошение, осушение, дренаж, применение удобрений и микроэлементов с оросительной водой, применение химических мелиорантов, сорбентов вредных веществ и радионуклидов и т.д.

Мы подразделяем методы, изменяющие исходные свойства объектов, на экспериментальные и виртуальные. Экспериментальные методы - это реальные натурные исследования, применяемые к мелиоративным объектам и изменяющие их свойства по схеме: исходные свойства → мелиоративное воздействие → конечные свойства, что должно быть отражено в базах данных соответствующих объектов. Виртуальные методы, составляющие аналитическую надстройку для СУБД, это методы прогноза конечного состояния объекта, основанные на использовании компьютерного моделирования технологических процессов, изменяющих те или иные свойства объектов. Здесь могут быть использованы модели разных типов: математические, аналоговые, экспертные системы, нейронные сети, информационно-советующие системы.

В наиболее обобщенном виде, предлагаемая БД имеет структуру, изображенную на рисунке 1. Функциональные назначения отдельных блоков понятны из их названий. Отметим лишь весьма важный по нашему мнению блок «Предварительная обработка и подготовка данных для сохранения на Сервере Баз Данных», который должен содержать блок унификации систем единиц входя-

щих данных, блоки обработки сомнительных данных и «шумов» (например, для статистической обработки выделяющихся значений), блоки обработки отсутствующих или ошибочных данных, блок предварительной статистической обработки входящих данных.

Серверы СУБД (OLAP - On-Line Analytical Processing) предназначены для решения запросов со стороны пользователей к Базам Данных, и должны содержать соответствующие программные средства для предварительной аналитической обработки данных.

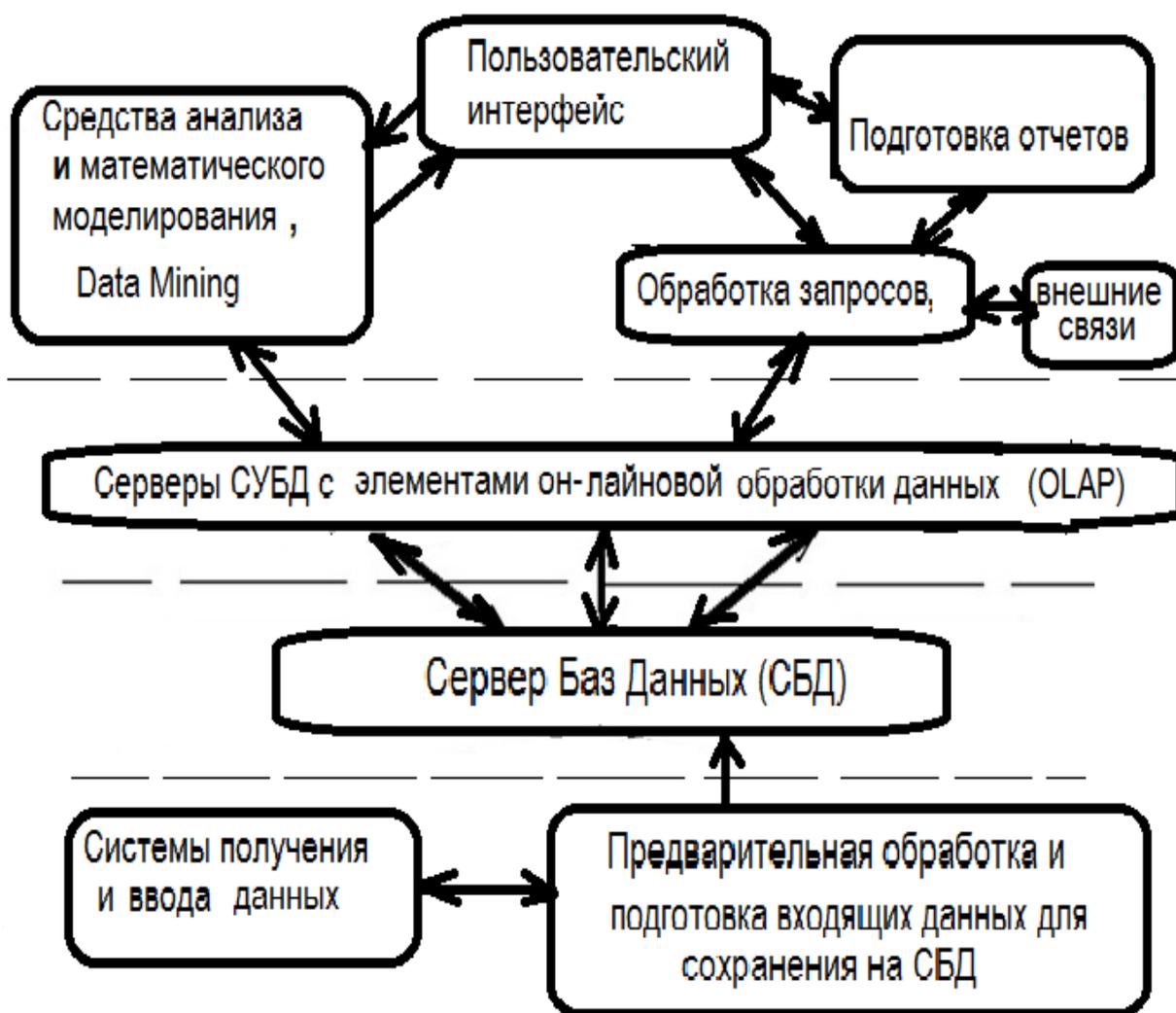


Рисунок 1 - Общая схема предлагаемой БД для системы «Мелиорация»

Открытая структурная схема позволяет постепенно наращивать ее возможности путем подключения дополнительных блоков. Предполагается, что первоначальное ядро системы должно содержать блоки Ввода и Предварительной обработки данных, минимальный набор баз данных на СБД и блок Пользовательского интерфейса [2, 3] для выполнения простых статистических и поисковых запросов, наиболее часто возникающих в практике мелиорации земель. По мере развития системы, подключаются блоки моделирования и более сложных запросов, в частности, связанных с оценкой существующих тенденций и

прогнозируемых изменений производительности (плодородия) земель, системы экспертных оценок и поддержки принимаемых решений. Предполагается также наложение хранящейся на СБД информации на различного рода карты (географические, почвенные, мелиоративные и т.п.).

#### **Список использованных источников**

1. Грабауров В.А. Информационные технологии для менеджеров. – М.: Финансы и статистика, 2002.
2. Роланд Ф.Д. Основные концепции баз данных. – М.: Вильямс, 2014.
3. Дейт К. Введение в системы баз данных. – М.: Вильямс, 2013. – 1072 с.

УДК 631.16:658.155:332.2

### **АДАПТАЦИЯ МЕТОДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ К РАСЧЕТАМ РИСКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

**В.И. Ольгаренко<sup>1</sup>, И.Ф. Юрченко<sup>2</sup>, И.В. Ольгаренко<sup>1</sup>, В.Иг. Ольгаренко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Новочеркасск, Россия;

<sup>2</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Россия

Опыт использования действующей нормативно – методической базы и анализ сложившейся практики оценки эффективности мелиоративных инвестиционных проектов свидетельствуют о необходимости совершенствования методов расчета в части определения возможного риска достижения планируемых показателей [1-2]. При всей очевидности в потребности такого подхода, успешно развивающегося за рубежом и в ведущих отраслях отечественной экономики, объемы его реализация в сфере мелиорации совершенно недостаточны. В отсутствии должной теоретической базы, которая учитывает специфику рисков инвестирования в мелиорацию, представляется правильным шире использовать общую экономическую теорию и методологию учета возможных отклонений расчетной эффективности от фактической. Указанные теоретические и методические подходы к оценке целесообразности хозяйственного воздействия, прошедшие достаточное апробирование с положительным результатом, могут стать надежным средством получения дополнительной информации об эффективности мелиоративных мероприятий и организации защиты хозяйствующего субъекта от возможных финансовых потерь [3-6].

В составе настоящих исследований выполнена оценка возможных отклонений расчетной эффективности мелиоративного мероприятия методом имитационного моделирования (методом Монте-Карло), как наиболее востребованного в отечественной практике оценки рисков инвестиций [2]. Метод обеспечивает учет параметров, влияющих на степень риска и изменчивости их количе-

ственных значений; организацию практически неограниченного количества сценариев случайного сочетания этих параметров; расчеты показателя действенности проекта для каждого сценария и функции распределения вероятности показателя эффективности. Поддержка управленческих решений осуществляется в условиях высокой степени неопределенности рыночных факторов. Наличие необходимой информации повышает обоснованность решений о возможных рисках инвестирования в планируемые мероприятия и разработку превентивных мероприятий по их снижению.

Расчет действенности инвестиций в мелиоративные мероприятия с учетом риска выполнялся на материалах оценки эффективности от внедрения рационального режима орошения, разработанного в составе исследований инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донского государственного аграрного университета», на примере возделывания перца сладкого [4]. Экономические показатели предлагаемых новаций по вариантам опытов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчёт экономической эффективности от реализации рационального режима орошения перца сладкого (на 1 га при уровне урожайности 45 т/га)

Показатели		«Средний» год		«Среднесухой» год		«Сухой» год	
		по данным автора	базовый вариант	по данным автора	базовый вариант	по данным автора	базовый вариант
Оросительная норма (мм)		224	280	288	360	352	440
Число поливов ( $m=40$ мм) (шт)		5,6	7	7,2	9	8,8	11
<i>Эксплуатационные затраты</i>							
Расход ГСМ (л)	на 1 полив	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
	всего	73,4	91,7	94,3	117,9	115,3	144,1
Стоимость ГСМ (руб)		2018	2522	2593	3242	3171	3963
Оплата труда (руб)		1173	1466	1508	1885	1843	2304
Затраты: (руб)	на электроэнергию	360	450	463	579	566	707
	амортизацию	652	652	652	652	652	652
	ремонт	209	262	270	337	329	412
Всего затраты (руб)		4412	5352	5486	6695	6561	8038
Экономический эффект (руб)		940	-	1209	-	1477	-
Экономия воды (м <sup>3</sup> /га)		560	-	720	-	880	-
Стоимость воды (руб/га)		560	-	720	-	880	-
Экономия энергии (ГДж/га)		7,29	-	9,37	-	11,46	-

**Примечание:** В качестве базового принят традиционный вариант

Очевидно, что предложенная рациональная технология управления поливами обеспечивает экономию по всем видам интегральных ресурсов, в том числе сокращается водоподача на 56,0 мм, 68,0 мм, 80,0 мм для «среднего», «сред-

несухого» и «сухого» года соответственно, а общая экономия эксплуатационных затрат составляет 940 руб., 1209 руб. и 1477 руб. на га. Инвестиционный риск оценивался по вероятности отклонения экономии затрат на водоподачу для среднесухого года, заявленной в объеме 720 руб/га. Оценка экономической целесообразности осуществления мероприятий методом имитационного моделирования реализована в среде Microsoft Excel программным комплексом Oracle Crystal Ball.

Экспертная оценка ожидаемой с вероятностью 90% экономии воды и стоимости водоподачи, изменяющихся по годам в зависимости от природно – климатических условий года, эффективности производственных процессов и технологий, рыночной конъюнктуры и др. факторов, приведена в таблице 2 по данным [1, 3-10].

Для оценки вероятности риска снижения планируемой экономии затрат выполнялись процедуры: формирования модели в программной среде Crystal Ball, установления показателей распределения значимых переменных, определение результирующей переменной и условий моделирования. *Формирование модели* включало определение зависимости для вычисления годовой экономии затрат от внедрения комплекса компьютерных программ планирования и оперативного управления водораспределением, перечня изменяющихся параметров указанной зависимости и их средних значений (таблица 2).

Таблица 2 - Параметры функции распределения для значимых показателей модели снижения затрат

Параметр	Границы 90%-ного доверительного интервала	Среднее значение	Стандартное отклонение от среднего значения
Экономия водных ресурсов (Э <sub>В</sub> )	от 560 м <sup>3</sup> /га до 880 м <sup>3</sup> /га	720 м <sup>3</sup> /га	97,26 м <sup>3</sup> /га
Стоимость водоподачи (С <sub>В</sub> )	1,36 руб/ м <sup>3</sup> до 2,0 руб/ м <sup>3</sup>	1,68 руб/ м <sup>3</sup>	0,19 руб/ м <sup>3</sup>
Годовая экономия затрат	Э = Э <sub>В</sub> * С <sub>В</sub> руб./га		

В расчетах для описания значимых переменных модели принята функция нормального распределения, которая характеризуется двумя параметрами: средним значением переменной и стандартным отклонением от среднего (таблица 2).

Результаты оценки риска мелиоративных мероприятий по материалам реальных исследований (рисунок) подтверждают широкие возможности метода Монте-Карло в получении эмпирической вероятностной оценки степени влияния технико-экономических показателей инвестиционных мероприятий на его действенность.

Вероятность превышения запланированной годовой экономии затрат для 30000 случайных нормально распределенных значений составляет порядка 48,5% (рисунок), т.е. степень риска инвестиций в развитие инновационных технологий управлением водопользования ( $\Theta < 1209$ ), практически, равна среднему значению. Это позволяет классифицировать риск, как низкий [11], и свидетельствует о целесообразности инвестиций в реализацию мероприятия. Однако, участникам инвестиций следует обращать повышенное внимание на изменчивость макроэкономических показателей, что связано с особенностями российского рынка, характеризуемого зависимостью от внеэкономических факторов и высокой степенью неопределенности.

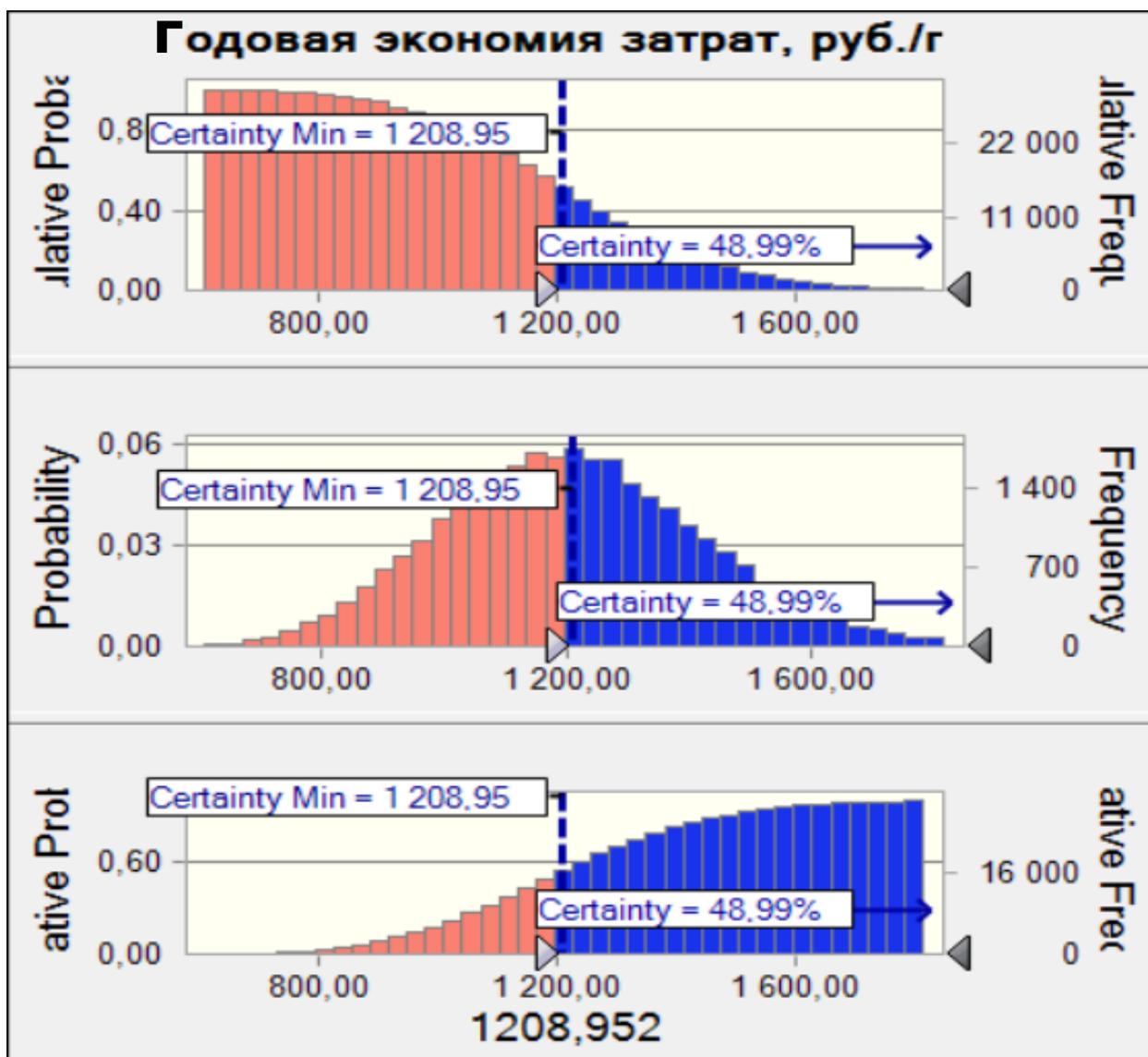


Рисунок - Оценка риска рационального режима орошения перца сладкого

Таким образом, выполненные исследования показали действенность адаптации метода Монте-Карло к процессу оценки и учета экономических рисков мелиоративных мероприятий, обеспечивая информационную поддержку

решений по совершенствованию методологии оценки эффективности мелиоративной деятельности.

#### **Список использованных источников**

1. Никитин И.Д. Учет фактора времени, неопределенности и рисков при расчетах эффективности в мелиорацию / И.Д. Никитин, З.Н. Артемьева, Е.Е. Григорашенко // *Агрофизика*. – 2014. - № 2(14). –С. 28-35.
2. Сазонов А.А. Применение метода Монте-Карло для моделирования экономических рисков в проектах/А.А. Сазонов, М.В. Сазонова//*Наука и современность*.-2016. -№43.-С. 229-232.
3. Бандурин М.А. Автоматизация мониторинга ливнеотводящих сооружений на водопроводящих каналах Ставропольского края / М.А. Бандурин, И.П. Бандурина // *Инженерный вестник Дона* . -2015.-Т.35.-№2-1.-С.37.
4. Ольгаренко И.В. Информационные технологии планирования водопользования и оперативного управления водораспределением на оросительных системах. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Игорь Владимирович Ольгаренко. Саратов, 2013. – 46 с.
5. Ольгаренко, В.Иг. Возделывание картофеля летней посадки в условиях орошения на пойменных землях Юга России / В.Иг. Ольгаренко // *Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2015. – № 107. – С. 207–218.
6. Юрченко И.Ф. Водосберегающая технология планирования технической эксплуатации мелиоративных систем / И.Ф. Юрченко // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. -2016. -№5. - С. 76-88.
7. Юрченко И.Ф. Научеомкие информационные технологии в мелиоративной деятельности/ И. Ф. Юрченко // *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*. - 2005. - №3. - С.9-13.
8. Юрченко И.Ф. Совершенные системы водопользования как фактор сохранения почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в орошаемых агроландшафтах / И.Ф. Юрченко, В.В. Трунин // *Агрехимический вестник*. -2013. -№ 1. -С. 25-27.
9. Ольгаренко, В.И. Временные рекомендации по составлению и реализации планов водопользования на оросительных системах Ростовской области / В.И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко [и др.]. – Коломна: ООО «Инлайт». – 2009. – 104 с.
10. Бандурин, М.А. Применение систем управления базами данных при эксплуатационном мониторинге водопроводящих сооружений / М.А. Бандурин // *Современные научеомкие технологии*. -2016. № 12-1.- С. 24-28.
11. Турмачев Е. С. Методические проблемы количественного определения рисков инвестиционных проектов // *Анализ эффективности инвестиций*. – 2006. – №. 3. – С. 45-58.

УДК 631.16:658.155:332.2

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ РИСКОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ**

**И. Ф. Юрченко**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Анализ инвестиционных рисков планируемых мероприятий хозяйственных воздействий представляет актуальную задачу современного управления, позволяющую контролировать эффективность производства и принимать обоснованные решения [1, 2]. Необходимость оценки и управления инвестиционным риском вызвана потребностью прогнозировать возможность его наступле-

ния и принимать превентивные меры по снижению и защите от негативных проявлений этой ситуации. Учет вероятности наступления риска и величины сопутствующих потерь существенно изменяет количественные значения планируемой действенности инвестиций в мелиорацию, отличающейся неопределенностью, вызванной, в первую очередь, существенным разведением во времени периодов прогнозирования результата и реализации планируемых мероприятий.

На эффективность планируемых новаций влияют происходящие изменения: рыночной ситуации закупочных цен, курса валют, уровня инфляции и т. п. факторов, не регулируемых инвестором. Играть роль и множество внеэкономических параметров (природные условия, климат, политическая конъюнктура, качество проекта, квалификация исполнителей и т. д.), трудно поддающихся достоверному учету при оценке эффективности инвестиционного мелиоративного проекта.

В общем случае процедуры управления риском включают: установление возможности риска и его количественную оценку; определение методологии управления по данным расчета затрат, результатов и эффективности на реализацию (принятие риска, передача инвестиций, снижение риска, отказ от новаций, воздействие на риск); контроль и корректировку системы управления инвестиционными рисками. Очевидно, что реализация указанных процедур требует наличия хорошо развитой теории, нормативно-методической и нормативно-правовой базы и широкой проверки предлагаемых подходов опытом, что, к сожалению, не характерно для сферы мелиорации [3-5].

За рубежом и в успешных отраслях отечественной экономики широкое использование методологии оценки и управления инвестиционными рисками в обосновании эффективности мероприятий реальных проектов долго сдерживалось большой трудоемкостью и затратами времени. Ситуация быстро изменяется в лучшую сторону с развитием инструментальных средств анализа рисков, использование которых в области мелиорации скорее исключение из правил, чем правило [6, 7].

Программное обеспечение (ПО) большинства средств автоматизации, базируется на требованиях международного стандарта ISO/IEC 17799; и условно делится на два уровня: базовый уровень и уровень детального анализа. Применяемые компьютерные инструментарии отличаются и по используемому методу оценки риска, которая может выполняться на качественном уровне по ранговой шкале, количественном с установлением численных значений или смешанном уровне. Ниже по тексту приводится краткое описание свойств наиболее популярных инструментариев [6, 7].

**АИЕ** (прикладная информационная экономика) – метод разработан компанией Hubbard Decision Research, США. Программный комплекс представляет набор макросов электронных таблиц Excel для изучения меры неопределенности, риска, стоимости информации; определяет необходимость дальнейшего измерения риска, выполняет измерение экономически оправданным способом;

обеспечивает принятие решения. Разработчик учитывает приоритет теории над технологией, предоставляет консультационные услуги в части внедрения.

**@RISK** (эт риск) – разработчик Palisade Corporation, США. ПО выполняет изучение рисков на основе метода имитационного моделирования (метода Монте-Карло) с использованием электронной таблицы Excel, визуализируя вероятность каждого варианта. Программа обеспечивает формирование и изучение множества возможных сценариев и рассчитывает вероятности их риска, позволяет определять варианты стратегии управления рисками и выбор наилучшей.

**Oracle Crystal Ball.** Разработка - Decisioneering, США. Включает таблицы предикативного моделирования и оптимизации. Обеспечивает изучение определяющих параметров, влияющих на степень риска. Обеспечивает поддержку управленческих решений в условиях высокой степени неопределенности рыночных факторов. Функционирует на базе электронных таблиц Excel, с успехом конкурирует с программными продуктами аналогичного уровня иерархии, имеет многочисленных потребителей. Разработчик предоставляет техническую и технологическую поддержку в реализации программного комплекса.

**Risk Solver Engine.** ПО разработано Frontline Systems, США, на основе электронных таблиц Excel. Обеспечивает реализацию метода Монте-Карло с высокой производительностью. Способствует изучению и контролю рисков, оптимизации планов и решений по распределению ресурсов.

**SAS** (Statistical Analysis System) – разработчик SAS Corporation, США. Методология базируется на программном комплексе статистики, функциональные возможности которого превышают требования метода Монте-Карло. Включает регулируемые блоки для задач финансового менеджмента, управления рисками, поставок, маркетинга, управления. Основополагающие функциональные возможности, требующиеся каждому блоку, предоставляет единая технологическая платформа (SAS Enterprise Intelligence Platform). Результаты адаптируются в зависимости от пользовательской дифференциации (банковские услуги, страхование, телекоммуникация, транспорт, энергетика, промышленность и иные сферы).

**SPSS** - метод, разработанный компанией SPSS Inc., США. Представляет инструментарий для управления и анализа статистических данных. Обеспечивает решение проблем, выходящих за пределы метода Монте-Карло. Ориентирован на профессионалов, решающих задачи в бизнесе и в исследованиях, позволяет формировать сложные графики и изображения на основе данных, предоставляя широкий спектр аналитических функций, облегчающих работу с данными. Преимущества: множество графических настроек и языков, мощные функции аналитики; интеграция с Microsoft Office. Недостатки: сложность программного обеспечения, требующего существенного времени обучения пользователя; ориентация на профессиональных пользователей, недостаточная поддержка.

**CRAMM** - разработка UK Security Service, Великобритания. Метод, заключающийся в установлении наличия и классификации рисков, разработке

мероприятий, снижающих их до требуемого значения. Реализован в программном комплексе, изменяющемся в зависимости от оцениваемой области деятельности, используя подсистемы для решения задач коммерческой и финансовой областей экономики, гражданских государственных учреждений и проч. Практическое применение продукта требует высоко квалифицированных специалистов; характеризуется продолжительностью процедур оценки рисков, большими затратами труда и существенной стоимостью.

**GNU OCTAVE** - разработан Charles S. Wilson, США. Предназначен для числовых вычислений линейных и нелинейных проблем, а также выполнения других числовых экспериментов. Являясь высокоуровневым интерпретируемым языком, предоставляет широкие графические возможности визуализации данных и манипулирования. Реализован в ОС Windows и Linux  
**CORAS** – метод разработанный Information Society Technologie, Европейский союз. Инструмент, поддерживающий документирование и создание отчетов об изучении риска на основе моделирования. ПО создано для выявления рисков, исчисляемых способом Event-Tree-Analysis, цепи Маркова, HazOp и FMECA. Рассматриваются информационные технологии в части учета человеческого фактора. Процедуры метода представлены в формате Windows- и Java-приложений.

**ГРИФ** - предложение ООО Digital Security, Россия. Эффективный инструментарий для изучения безопасности принятого решения и действенности решений по управлению рисками. Позволяет изучать риски, обеспечивает получение полного перечня ожидаемых негативных последствий, расчет критичности опасности и возможных в связи с этим потерь. Организует регулирование рисков, разрабатывая сценарии реализации контрмер по результатам соотношения затраты/эффективность. Метод рассматривает мероприятия по отказу, снижению и принятию риска. Данная методика предлагает сопроводительную документацию по характеристике оцениваемых процедур или отчеты по выполненным расчетам рисков.

**COBRA** - метод, разработанный компанией Risk Associates, Австралия. Набор программ относится к средствам определения соответствия стандарту ISO 17799 и другим стандартам качества, автоматизирующих обработку опросников и выдачу отчетов. С этой целью программный комплекс оснащен набором и построителем опросников, требований к стандартам и шаблонами отчетных документов.

**Callio Secura 17799** - представлен Callio Technologies, Канада. Система востребована в сфере изучения и управления рисками согласно регламенту BS 7799 и ISO 17799. Служит средством формирования, адаптации, эксплуатации и сертификации комплекса управления технологической надежностью согласно стандартам BS 7799.

**Proteus Enterprise** – метод, разработанный корпорацией InfoGov, Великобритания. Эффективен для формирования алгоритмов изучения рисков, определяющих соответствие нормативам, влияние на производственные про-

цессы и риски их реализации, управление непрерывностью производства, инцидентами, активами и пр.

**RA2** – предложен AEXIS Security Consultants и XiSEC Consultants Ltd, Великобритания. Инструментарий решения проблемы оценки рисков и принятия решений по обработке рисков на основе разработки контр мероприятий согласно требованиям стандарта BS 7799-2. Практическое использование сдерживается недоработкой пользовательского интерфейса (работа с текстовой информацией), средств, работы с моделью активов, а также очевидными ошибками отображения кириллицы в отчетах.

**vsRisk** - предложение IT Governance. Великобритания. Представляет актуальный комплекс программ изучения рисков, ориентированный на правила ISO 27001. Обеспечивает удобный интерфейс и позволяет пользователю: выполнять расчеты рисков секретности, оценить единство и обеспеченность информацией, а также выполнить оценку соответствия принятой методологии правовым нормативам согласно ISO 27001; стандартам: ISO/IEC 27002, BS7799-3:2006, ISO/IEC TR 13335-3:1998, NISI SP 800-30; получить обобщенную, своевременно обновляемую базу знаний угроз и уязвимостей производственных процессов. Инструментарий доступен в использовании, оснащен требующимися комментариями и отвечает положениям международного стандарта ISO 27001 к оценке рисков. К первоочередным проблемам применения программного продукта относятся ошибки визуализации символов кириллицы и отсутствие связи сервера с разработанными приложениями, что снижает эффективность интерфейса лица, принимающего решение.

**MSAT** – метод, разработанный компанией Microsoft, США. Отличительной особенностью программного продукта являются: возможность оценки изменения риска в зависимости от производственной среды, что часто не принимается в расчет при оценке степени защищенности системы в различных областях деятельности, и интегрального значения степени защищенности. Метод не обеспечивает количественную оценку рисков, но качественные оценки привязаны к ранговой шкале. Пользователю предоставляется возможность оценки действенности инвестиций в безопасность, но нет возможности оптимизировать структуру мероприятий по предотвращению, выявлению, исправлению или восстановлению информационных активов.

**RiskWatch** - Система изучения и управления рисками разработана компанией RiskWatch, Inc. США. Включает модули выполнения аудита безопасности: процессов физической защиты активов производства, рисков; меры соответствия стандартам HIPAA и ISO17799. Система обеспечивает подходы «предсказание годовых потерь», и оценку возврата от инвестиций. Недостатком продукта является сравнительно высокая стоимость.

Выполненный анализ показал хорошее соответствие положений используемых методик требованиям нормативно методической базы, в части разделов «Риски» и «Процессы (Использование элементов риска)», и определенную ограниченность предложений разделов «Мониторинг» и «Управление» [8-10].

С учетом сказанного представляется правильным на этапе становления методов оценки инвестиционной эффективности с учетом риска ее достижения применять достаточно апробированные, относительно простые и успешно осваиваемые в сопредельных отраслях экономики инструментарию: @RISK (эт риск), Risk Solver Engine, Oracle Crystal Ball.

Личный опыт автора показал целесообразность использования программного продукта Oracle Crystal Ball, разработанного на основе научной теории, отличающегося прозрачностью и простотой реализации, а также наглядностью промежуточных и окончательных результатов. «Дружественный» интерфейс программного комплекса и профессионально разработанное описание документации способствуют быстрому и успешному освоению их пользователем, имеющим хотя бы начальные навыки работы с электронными таблицами Excel, что немаловажно для широкомасштабного внедрения автоматизации расчетов рисков в практику мелиоративной службы.

**Таким образом,** проведенные исследования в очередной раз подтверждают необходимость всесторонней и глубокой оценки эффективности планируемых мелиоративных мероприятий с учетом риска ее достижения. Это повысит достоверность обоснования инновационной деятельности за счет прогнозирования последствий принимаемых решений.

#### **Список использованных источников**

1. Найт Ф.Х. Риск, неопределенность и прибыль/ Ф.Х. Найт/ Пер. с англ. М.: Издательство «Дело», 2003 - 176 с.
2. Карпов А.В. Формирование единой системы классификации рисков в инвестиционной деятельности /А. В. Карпов // Финансы и кредит. 2008. № 29. С. 22–28.
3. Юрченко И.Ф. Научно-технические информационные технологии в мелиоративной деятельности/ И.Ф. Юрченко//Управление экономическими системами: электронный научный журнал. - 2005. - №3. - С.9-13.
4. Никитин И.Д. Учет фактора времени, неопределенности и рисков при расчетах эффективности в мелиорацию / И.Д. Никитин, З.Н. Артемьева, Е.Е. Григорашенко // Агрофизика. – 2014. - № 2(14). –С. 28-35.
5. Бандурин М.А. Автоматизация мониторинга ливнеотводящих сооружений на водопроводящих каналах Ставропольского края / М.А. Бандурин, И.П. Бандурина // Инженерный вестник Дона . -2015.-Т.35.-№2-1.-С.37.
6. Санникова М.О. Теоретические основы процесса оценки рисков мелиоративных инвестиционных проектов / М.О. Санникова, В.А. Ярославский // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2012. – №. 5 (44). -С. 136 -140.
7. Баранова Е.К. Методики анализа и оценки рисков информационной безопасности / Е.К. Баранова // Образовательные ресурсы и технологии. -2015. - №1(9) . – С. 73-79.
8. Юрченко И.Ф. Методология создания информационной технологии оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И.Ф. Юрченко, В.В. Трунин // Природообустройство. -2013. -№ 4. -С. 10-14.
9. Бандурин М.А. Применение систем управления базами данных при эксплуатационном мониторинге водопроводящих сооружений / М.А. Бандурин //Современные наукоемкие технологии. -2016. № 12-1.- С. 24-28.
10. Юрченко И.Ф. Нормативно правовая база обеспечения безопасности гидротехнических сооружений / Юрченко И.Ф., Носов А.К. // Научный журнал Российского НИИ Проблем мелиорации. - 2015. -№4(20). – С.262 -277.

# ***ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ***

УДК 631.173.2

## **СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ВРЕМЕНИ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ МАШИН ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ**

**А.С. Апатенко, И.А. Марков**

ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Современный этап развития научно-технического прогресса характеризуется расширением номенклатуры технологических машин, входящих в состав комплексов, при выполнении мелиоративных работ.

В настоящее время система планово-предупредительного ремонта технологических машин формально остается официально рекомендуемой к применению в нашей стране. Рекомендациями [1] по организации технического обслуживания и ремонта устанавливается их периодичность при выполнении мелиоративных работ. Положительными моментами этой системы являются: простота применения, возможность заранее планировать время постановки машин на ремонт и ТО, определять потребные ремонтные мощности. Вместе с тем, у системы имеются и серьезные недостатки, к ним относятся: безадресность системы, обезличенность подхода при решении вопросов ремонтной политики организаций, не учитывается возможность применения технической диагностики. Результатом применения системы являются недоиспользование (до 30%) технического ресурса, как отдельных узлов, так и машин в целом.

На основании проведенных исследований установлено, что около 20% парка машин мелиоративных организаций в работе не участвует из-за технических неисправностей. Из них плановые простои, связанные с необходимостью проведения технического обслуживания или текущего ремонта, составляют порядка 3% общего годового фонда рабочего времени. Основная доля - до 40%, это простои по техническим причинам, которые необходимо учитывать при создании системы технического обслуживания и ремонта машин. Нами рассмотрены и предложены варианты организации устранения технических отказов технологических машин, в том числе дилерскими предприятиями, и разработана методика для расчета оптимального ремонтно-технического воздействия при эксплуатации машин [2].

Здесь основная нагрузка по поддержанию машин в работоспособном состоянии ложится на эксплуатационное предприятие. Изучение организации процесса устранения технических отказов в различных эксплуатационных организациях показало, что единого подхода к решению этого вопроса нет. Общим является то, что технические отказы за редким исключением устраняются на месте работы машин силами выездных ремонтных бригад, оснащённых пе-

редвижными ремонтными мастерскими [3]. В реальных условиях потери времени на ремонт и техническое обслуживание машин составляют по наблюдениям ряда исследователей до 1/3 годового фонда рабочего времени [4].

Для проведения технической диагностики применяются мастерские двух видов: диагностические и ремонтно-диагностические. Диагностические мастерские оснащаются только диагностическим оборудованием, а ремонтно-диагностические включают в комплект и ремонтное оборудование.

Передвижные ремонтные мастерские оснащаются диагностическим и слесарным оборудованием, инструментами и машинами технической помощи на базе автомобилей. В состав бригады, как правило, входят: инженер-механик, моторист, слесарь-механик по трансмиссии и ходовой части и водитель автомобиля-техпомощи, также участвующей в проведении ремонтных работ. Для технического обслуживания и ремонта машин, в том числе и устранения технических отказов, сегодня рекомендуются к использованию самоходные универсальные мастерские А-701М и ССТО-1А.

В настоящее время наиболее широкое применение нашли передвижные ремонтные мастерские ООО «Производственно-техническое предприятие «Урал». Передвижная ремонтная мастерская на базе Урал 4320-58 (рис.1) совмещает ремонтный модуль с жилым отсеком.

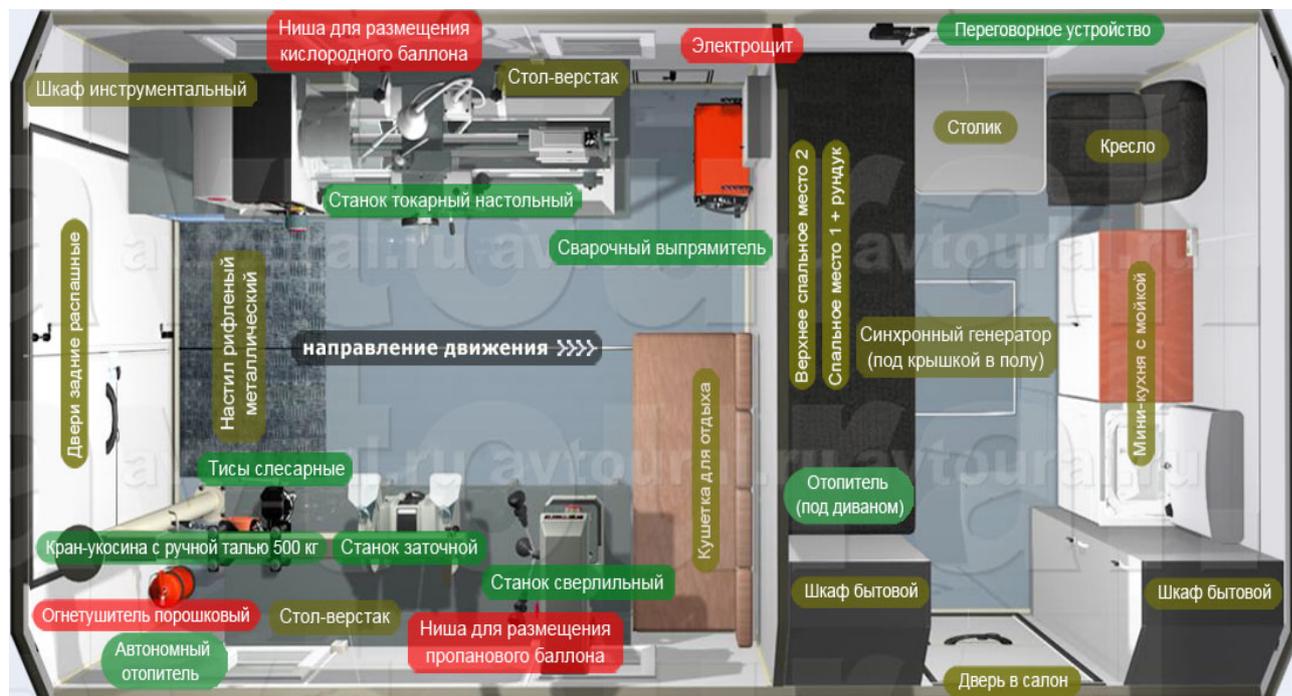


Рисунок 1 - Схема расположения оборудования передвижной ремонтной мастерской на базе шасси Урал 4320-58

Таблица 1 - Техническая характеристика передвижной ремонтной мастерской

Комплектация	
Ремонтный блок оснащен: токарным станком, газосварочным оборудованием, сварочным полуавтоматом, наждаком, сверлильным станком, краном, кислородным и пропановым баллонами, синхронным генератором. Жилой блок включает: два двухуровневых спальных места, два бытовых шкафа, стол, два автономных обогревателя, переговорное устройство, мини-кухню.	
Основные характеристики транспортного шасси	
Базовое шасси	Урал 4320-1951-58
Колесная формула	6х6
Двигатель ЯМЗ 236НЕ2, мощность	230 л.с.
Габаритные размеры, мм, не более	9 550 х 2 500 х 3 700
Максимальная скорость, км/ч	80
Полная масса автомобиля, кг	14 600
Допустимая полная масса прицепа, кг	11 500
Характеристики передвижной мастерской	
Кузов-фургон	Каркасного типа с профильными сэндвич-панелями
Внутренние размеры жилого салона	1 900 х 2 400 х 2 050
Внутренние размеры грузового отсека	2 900 х 2 400 х 2 050

Количество персонала и технологического оборудования передвижных ремонтных мастерских для проведения технического обслуживания и устранения технических отказов целесообразно выбирать исходя из оптимальной обеспеченности ремонтно-технических воздействий для конкретного парка машин.

Таким образом, выбор эффективного варианта проведения технического обслуживания и устранения отказов технологических машин при выполнении мелиоративных работ в современных условиях связан с использованием передвижных ремонтных мастерских, а определение оптимального уровня их технической и технологической оснащённости способствует решению вопросов продовольственной безопасности Российской Федерации.

#### Список использованных источников

1. Апатенко А.С. Анализ систем ремонтно-профилактического обслуживания технологических машин / Апатенко А.С., Владимирова Н.И. // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». – М.: – 2013. – №1 - С.72-76.
2. Апатенко А.С. Повышение эффективности эксплуатации технологических комплексов машин на мелиоративных работах. Дисс. на соискание учёной степени д.т.н. - М.: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016. – 333 с.

3. Апатенко А.С. Совершенствование систем технической эксплуатации при импортозамещении машин для выполнения мелиоративных работ / Апатенко А.С.// Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 74-77.
4. Бардышев О.А., Коценко Н.В. Интенсификация использования парка строительных машин. Л.: ЛДНТП. – 1996. – 28с.

УДК 631.67

## **МЕТОДЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

**Г.Х. Бедретдинов**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Сегодня на неиспользуемых осушенных землях интенсивно развиваются процессы деградаций, заиливаются трубопроводы закрытых дренажных систем, зарастают растительностью русла открытых водопроводящих каналов. В результате нарушается водный режим, повышается уровень грунтовых вод, ускоряются процессы заболачивания. На переувлажненных почвах происходит интенсивное образование кочек, поверхности полей вторично зарастают древесно-кустарниковой растительностью.

В таких условиях сокращение сроков возвращения земель в сельскохозяйственный оборот связано с разработкой эффективных технологий, обеспечивающих повышение производительности труда и снижение стоимости производства работ.

В результате исследований ВНИИГиМ предложен ряд новых решений для оценки состояния осушительных систем, производства культуртехнических работ, восстановления работоспособности открытых каналов и закрытого дренажа. Основу новых решений составляет ресурсосбережение, выполняемое с использованием ряда технологических и организационных приемов (рис.1).

Для оценки состояния осушительных систем используется фрактальный метод идентификации деградаций по аэрокосмическим снимкам. В качестве критерия оценки степени деградации используется безразмерный показатель фрактальной размерности [1], определяемой в цифровом интервале от 1 до 2. В результате получены интервалы фрактальных размерностей [2], которые укладываются в стройный ряд, с возрастанием числовых значений критерия в зависимости от степени деградации полей. Исследования показывают, что применение указанного метода позволяет проводить не только идентификацию, но и оценивать динамику развития процессов деградации, определять их площади и объемы культуртехнических работ по расчистке полей. Точное определение объемов позволяет проводить адресное производство культуртехнических работ и решать задачу оптимизации трасс перемещения машин в пределах объекта или с объекта на объект.

Эффективность расчистки земель от растительности существенно зависит от степени зарастания полей. Проведенные исследования [3] показали, что в

первую очередь целесообразно расчищать земли с кустарниковой растительностью и проводить утилизацию древесины на поле.

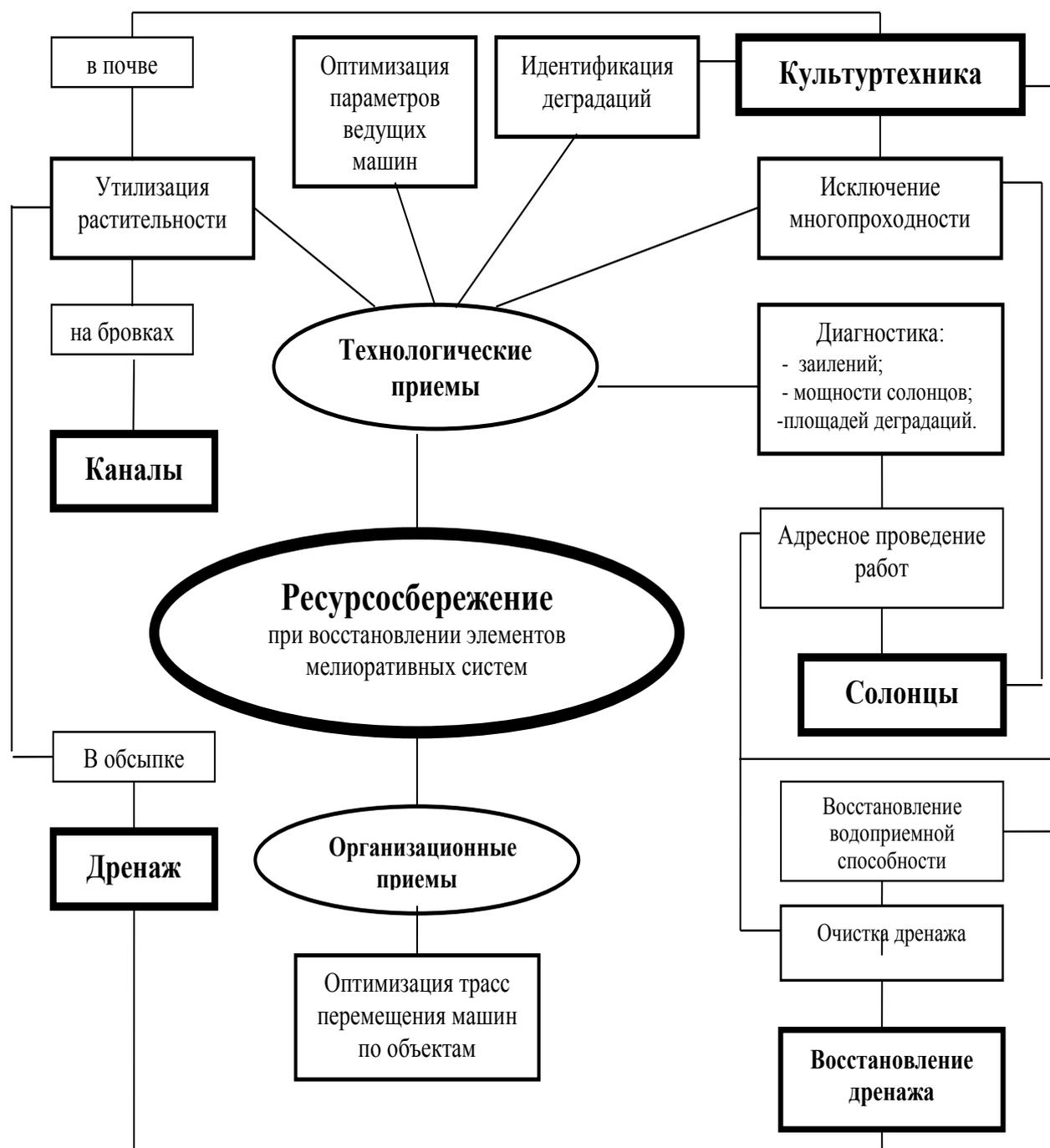


Рисунок 1 - Схема ресурсосбережения при восстановлении элементов мелиоративных систем

Технологические возможности утилизации зависят от видового состава и запаса растительности на 1 га площади.

Объем кочковой растительности  $V_k$  определяется по количеству кочек на 1 га площади  $n$ , среднему объему кочки  $q$  и долевого объему растительной массы в объеме кочки  $P$ :

$$V_k = n q P.$$

Характерная форма кочки может быть представлена в виде усеченного конуса. Тогда, при известных средних параметрах: высоте кочки  $h$ , радиусе основания  $r_1$  и радиусе вершины  $r_2$ , геометрический объем  $V$  кочки:

$$V = 1/3 \pi h (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2).$$

По усредненным параметрам кочек [4] проведен расчет объема растительной массы на 1 га расчищаемой площади (табл.1). Оценка результатов показывает, что в зависимости от средней высоты и количества кочек, максимальный объем их растительной массы достигает 2000 м<sup>3</sup>/га; при этом средняя толщина слоя растительной массы составляет 2000 : 10000 = 0,2 м. Утилизация такого объема растительности не составляет трудностей и может выполняться непосредственно на поле.

При расчистке вторично закустаренных земель основным параметром, определяющим технологические возможности утилизации древесины в почве, является запас древостоя (общее количество древесины на 1 га).

Приближенный запас древостоя определяется по среднему видовому числу 0,472, при котором по среднему диаметру и высоте древостоя вначале определяется разряд насаждения. Затем по среднему диаметру и разряду определяется удельный объем на 1000 стволов. Запас древостоя на 1 га деградированной площади определяется по удельному объему и фактической заростности участка [5]. По указанной методике проведены расчеты запаса древостоя на участках заросших кустарником и мелколесьем (табл. 2).

По данным К.И. Преображенского [6] для интенсификации разложения древесины в почве необходимо поддерживать определенную плотность и влажность почвы. Запахивать древесину для быстрого её разложения рекомендуется на глубину пахотного слоя. С повышением объема утилизируемой древесины нарушается соотношение углерода и азота в почве, которое необходимо компенсировать внесением азотных удобрений (табл. 3). Ограничения массы при биологической утилизации древесины в почве составляет 80 т/га в среднем объеме (80 : 0,8) = 100 м<sup>3</sup>/га.

С учетом указанного ограничения утилизация кустарника на поле возможна при редкой, средней и густой заростности, а мелколесья - только при редкой и части средней заростности (табл.2). При объемах древостоя выше 100 м<sup>3</sup> га требуется проводить вывоз стволовой части древесины, а для утилизации на поле использовать только кроновую часть древесной растительности.

Таблица 1 - Расчетный объем растительной массы осоковых кочек

Расчетные параметры кочек	Объем кочки, м <sup>3</sup>	Объем кочек и растительной массы, м <sup>3</sup> /га, (при закочкаренности $n$ , тыс. шт. га)		
		слабая $n = 2,5...5,0$	средняя $n = 2,5...15,0$	сильная $n = 15,0...30,0$
<u>Мелкие кочки</u> ( $h = 0,15 \dots 0,25 \text{ м}$ , $r_1 = 0,25 \text{ м}$ , $r_2 = 0,10 \text{ м}$ )				
Средняя высота $h = 0,20 \text{ м}$	0,0202	75,9	202,7	456,0
Растительная часть при $P$ , 0,3		22,8	60,8	136,8
0,4		30,4	81,1	182,4
0,5		37,9	131,4	228,0
<u>Средние кочки</u> ( $h = 0,25 \dots 0,40 \text{ м}$ , $r_1 = 0,30 \text{ м}$ , $r_2 = 0,12 \text{ м}$ )				
Средняя высота $h = 0,325 \text{ м}$	0,0457	171,2	456,7	1027,5
Растительная часть при $P$ , 0,3		51,4	137,0	308,3
0,4		68,5	182,7	411,0
0,5		85,6	228,4	513,8
<u>Крупные кочки</u> ( $h = 0,40 \dots 0,55 \text{ м}$ , $r_1 = 0,35 \text{ м}$ , $r_2 = 0,15 \text{ м}$ )				
Средняя высота $h = 0,475 \text{ м}$	0,0938	351,8	938,0	2110,5
Растительная часть при $P$ , 0,3		105,5	281,4	633,1
0,4		140,7	375,2	844,2
0,5		175,9	469,0	1055,3
<u>Очень крупные кочки</u> ( $h = 0,55 \dots 0,70 \text{ м}$ , $r_1 = 0,40 \text{ м}$ , $r_2 = 0,20 \text{ м}$ )				
Средняя высота $h = 0,625 \text{ м}$	0,1750	656,3	1750,0	3937,5
Растительная часть при $P$ , 0,3		196,9	525,0	1181,3
0,4		262,5	700,0	1575,0
0,5		328,2	875,0	1968,8

Существенное влияние на процесс разложения древесины в почве оказывает степень её измельчения. Измельчение на более мелкие фракции с одной

стороны повышает площадь древесной массы и скорость её разложения в почве, а с другой стороны – повышает энергоёмкость процесса измельчения.

Таблица 2 - Расчетные значения запасов древостоя на 1га площади

Вид древостоя	Средний диаметр стволов, см	Средняя высота, м	Объем древесины на 1 га, м <sup>3</sup> при заростности		
			редкой	средней	густой
<u>Кустарник</u> мелкий средний	2...3	до 3	до 6	6...12	12...100
	3...7	5...6	2...14.	16...32	32...100
<u>Мелколесье</u>	8...11	5...9	18...41	18...116	более 116

Таблица 3 - Технологические параметры интенсификации процесса разложения древесины в почве по К.И. Преображенскому [6]

Наименование параметров	Единицы измерения	Значения показателей
1. <u>Степень измельчения:</u> - крупные фракции; - мелкие фракции; - технологическая щепка	м	0,20...0,30 0,08...0,20 0,04...0,08
2. <u>Глубина запашки</u>	м	0,20...0,22
3. <u>Влажность почвы</u>	%ПВ	30
4. <u>Состояние почвы</u>	-	разрыхленное
5. <u>Дозы азота кг на 1т массы древесины</u>	кг	3,3...10

Сегодня на рынке представлены многочисленные конструкции специализированных мульчеров для работ по очистке заросших откосов каналов, расчистке закустаренных земель, обработке слоя почвы вместе с кустарниковой растительностью. Новые средства механизации расширяют технологические возможности применения фрезерования на минеральных почвах. Применение мульчеров позволяет совмещать срезку, измельчение и заделку кустарниковой растительности в почву, упрощает технологию работ. Дополнительное внесение удобрений позволяет сократить сроки разложения древесины и повысить плодородие почв.

Исследования показывают [3], что по стоимостным показателям существенная экономия материала может быть достигнута за счет применения измельченной щепы в качестве добавки к дренажной фильтрующей засыпке. Практическая реализация применения щепы может быть использована в новом способе строительства дренажа [7] для засыпки нижней части узкой траншеи.

Для восстановления работоспособности закрытой дренажной сети рекомендуется проводить диагностику величин заилений и мест засоров дренажных труб методом телеконтроля, а при мелиорации пятен солонцов - определение параметров солонцовых слоев эхолокационным методом. Использование средств диагностики позволяет проводить адресные работы по ликвидации засоров дренажных труб и вносить мелиоранты непосредственно на солонцовые пятна.

Восстановление водоприемной способности осушительной сети обеспечивает разработанный способ реконструкции осушительной сети [8], в основу которого положено учащение дренажа с заменой существующего открытого канала закрытым трубопроводом. Для учащения дренажа по истокам существующих дрен укладывается верховой коллектор, а от него в междреньях - дополнительные дрены увлажнители.

В предпосевной период дрены увлажнители подключаются к истокам предварительно промытых существующих дрен. Совместная работа основной и дополнительных сетей обеспечивает отвод избыточной грунтовой воды и необходимую норму осушения. Отводимая вода по устьевому коллектору подается в накопительный закрытый трубопровод, а после его заполнения перепускается в водоприемник. В засушливый период накопленная вода из трубопровода подается через верховой коллектор в дополнительные дрены увлажнители и питает влагой корневую систему растений.

Разработанный способ обеспечивает рациональное использование воды и создает оптимальные условия для выращивания сельскохозяйственных культур.

#### **Список использованных источников**

1. Тищенко А.П. Фрактальная размерность текстур природных объектов и их идентификация методами фрактального анализа / А.П.Тищенко, И.В.Цветков // Моделирование сложных систем. Выпуск 1. Тверь 1998. - С 156 -161.
2. Бедретдинов, Г.Х. Определение объемов культуртехнических работ на деградированных землях фрактальным методом / Г.Х Бедретдинов, И.В. Цветков, А.Н Насонов, И.М Жогин // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. Материалы международной научной конференции. Том II. - М.: Изд.ВНИИА, 2016. - С 7-11.
3. Бедретдинов Г.Х. Технологии восстановления осушительных каналов с утилизацией растительности и наносов / Г.Х. Бедретдинов // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России (Костяковские чтения). Материалы международной научно-практической конференции 20-21 марта 2013 года. – Изд. ВНИИА, 2013. - с 125-131.
4. Кудрявцев А.В. Физические и технологические свойства кочек закочкаранных лугов и пастбищ / А.В.Кудрявцев// Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. - №2. - С 33 -35.
5. Кизяев Б.М. Культуртехнические мелиорации /Б.М.Кизяев, З.М.Маммаев//. – М: «Ассоциация ЭкоСт». - 2003- С 399.
- 6.Преображенский К.И. Биологическая утилизация древесины на мелиорируемых землях / К.И. Преображенский//. – М: Росагропромиздат, -1988. - С 31. Б-чка мелиоратора.
7. Пат. 2422586 Российская Федерация, МПК (6) E 02 B 11/00, E 02 F 5/10. Узкотраншейный способ строительства горизонтального дренажа и устройство для его осуществления / Бедретдинов Г.Х.; заявитель и патентообладатель ГНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» Россельхозакадемии» (ГНУ «ВНИИГиМ Россельхозакадемии»). – №2009147926/21; заявл.24.12.09; опубл. 27.06.11, Бюл. №18. – С 6.

8. Пат. 2608049 Российская Федерация, МПК (6) E 02 B 11/00. Способ реконструкции осушительной сети / Бедретдинов Г.Х., Кизяев Б.М.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» (ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»). – №2015142672; заявл.08.10.15; опубл. 12.01.17, Бюл. №2. – С 6.

УДК 631.311.5

## **ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ДРЕНАЖА БЕСТРАНШЕЙНЫМ СПОСОБОМ**

**В.Н. Буравцев**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В настоящее время в Российской Федерации переувлажнено и заболочено около 50 млн. га, подвержено засолению около 80 млн. га земель сельскохозяйственного назначения. В результате почти на трети площадей страны невозможно ведение сельскохозяйственного производства без регулирования водного, воздушного и солевого режимов почв с применением закрытого горизонтального дренажа.

Работы по строительству дренажа в стране были широко развёрнуты только со второй половины 1960-х годов. К 1992 году закрытый дренаж был построен на 30% площадей в зоне осушения и 15% в зоне орошения. В кризисный период работы по массовому строительству дренажа в России практически прекратились, а построенные дренажные системы постепенно стареют и выходят из строя.

Сегодня большинство землепользователей не в состоянии проводить работы по уходу, строительству и реконструкции дренажа без государственной поддержки. Значительные площади земель, на которых в сжатые сроки необходимо провести работы по восстановлению дренажных систем потребуются не единицы, а сотни специализированных машин. Наиболее реальным путем в данной ситуации является восстановление отечественного производства универсальных, высокопроизводительных и простых в изготовлении машин.

Таковыми машинами для укладки дрен по нашему мнению могут служить бестраншейные дреноукладчики.

Основные преимущества этих машин:

- простота конструкции и низкая стоимость;
- высокая производительность, в 2-5 раз превышающая производительность дреноукладчиков с активными рабочими органами;
- возможность проведения работ в различных грунтовых условиях при минимальном повреждении пахотного горизонта;
- высокая надёжность пассивного рабочего органа, низкие эксплуатационные затраты технического обслуживания и ремонта.

Недостатки бестраншейного способа:

- необходимость применения мощных базовых тракторов с большим тяговым усилием;
- повышенная вероятность нарушения пассивным рабочим органом водопроницаемости грунта в придренной зоне.

Рассмотрим этапы развития исследований в нашей стране по преодолению вышеуказанных недостатков бестраншейного способа строительства дренажа.

Первые широкие исследования по созданию конструкций бестраншейных дренажукладчиков проводились с начала 1960-х годов во ВНИИГиМ. Для поиска оптимальных по энергоёмкости параметров пассивного рабочего органа был изготовлен экспериментальный образец прицепного бестраншейного дренажукладчика УДМ 151 (рис. 1).

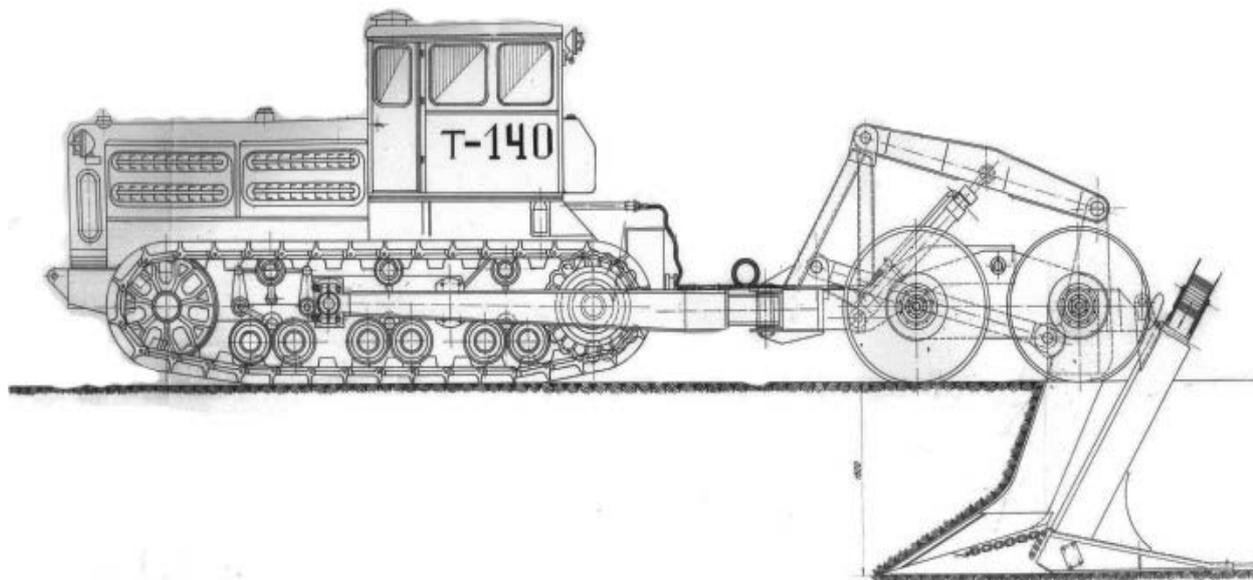


Рисунок 1 - Дренажукладчик УДМ 151

Эксперименты проводились при глубинах резания до 1,5 м. Было установлено (Казаков В.С. 1962-1964 гг.), что в верхней зоне, примыкающей к поверхности грунта (в «полугрунтовом пространстве»), оптимальной по энергоёмкости является режущая кромка с углом резания  $30-36^{\circ}$  и углом заострения  $180^{\circ}$ , обеспечивающая сдвиг/скол грунта в сторону поверхности. Ниже (в «полном грунтовом пространстве») грунт уплотняется в стенки прорези. Здесь оптимальной является режущая кромка с углом резания  $90^{\circ}$ , и углом заострения  $60^{\circ}$ . Глубина между зонами сдвига/скола и уплотнения грунта была названа «критической».

В 1965 г. ВНИИГиМ предложил бестраншейный способ укладки дрен из гибких пластмассовых труб для строительства дренажа на вновь осваиваемых землях Голодной степи (Узбекистан), где вследствие подъёма сильно минерализованных грунтовых вод было практически невозможно применять траншейные дренажукладчики из-за обрушения стенок траншеи, отрываемой для укладки дрен.

Для проверки возможности применения бестраншейного способа в Голодной степи на сильнозасоленных загипсованных грунтах с  $K_{\phi} = 0,03-0,06$  м/сут машиной УДМ 151 были заложены дрены из полиэтиленовых труб диаметром 4,5 см с фильтром из капроновой ткани на глубину 1,2-1,5 м (рис. 2, 3а).

На фоне дренажа была проведена успешная капитальная промывка почв участка от токсичных солей до глубины 1,0 м. Модуль стока бестраншейного дренажа соответствовал расчётному [1].

Однако в 1960-е годы считалось обязательным поддерживать минерализованные грунтовые воды на глубине 2,0 м, поэтому в проектах была заложена средняя глубина укладки дрен в пределах 2,5-3,0 м, т.е. значительно превышающей «критическую глубину» пассивного резания грунтов.



Рисунок 2 - Укладка дренажа машиной УДМ 151 в Голодной степи

Исследования энергоёмкости пассивного резания на такую глубину не проводились. Поэтому были созданы пассивные экспериментальные рабочие органы (ножи) (рис. 3б и 3в), в конструкции которых основное внимание было направлено на обеспечение минимального тягового сопротивления за счёт придания режущей кромке оптимальных для уплотнения параметров ниже «критической глубины». При этом влиянию уплотнению грунта в придренированной зоне на работу дрен не придавалось значения.

Для испытания экспериментальных рабочих органов была изготовлена навесная на трактор ДЭТ 250 экспериментальная машина БДМ 300. С помощью этой машины полевые опыты по резанию грунтов и укладке дренажных труб проводились на спланированных под проектный уклон дрен трассах при постоянной глубине резания рабочих органов.

В 1966 и 1967 годах были испытаны рабочие органы (рис. 3б, 3в) с оптимальными для зон сдвига/скола и уплотнения конструктивными параметрами, предусматривающими уравнивание вертикальных составляющих сил резания [2].

При этом было установлено, что тягового усилия, развиваемого трактором ДЭТ 250 (до 30 т) недостаточно для устойчивой работы при укладке дрены на глубину 3,0 м. Причиной этому было несоответствие конструктивной глубины сдвига/скола ( $h_{кс}$ ) - 1,9-2,0 м фактической критической глубине ( $h_{кр}$ ) - 1,2-1,5 м,

глубже которой режущая кромка фактически уплотняла грунт в стенки прорези ( $h_{fy}$ ) (рис. 3).

Кроме того, выяснилось, что в слоистых по глубине, анизотропных по твёрдости грунтах конструктивные параметры рабочих органов не обеспечивают уравнивание вертикальных составляющих сил резания. В результате было невозможно обеспечить проектную глубину и точность укладки дренажной трубы.

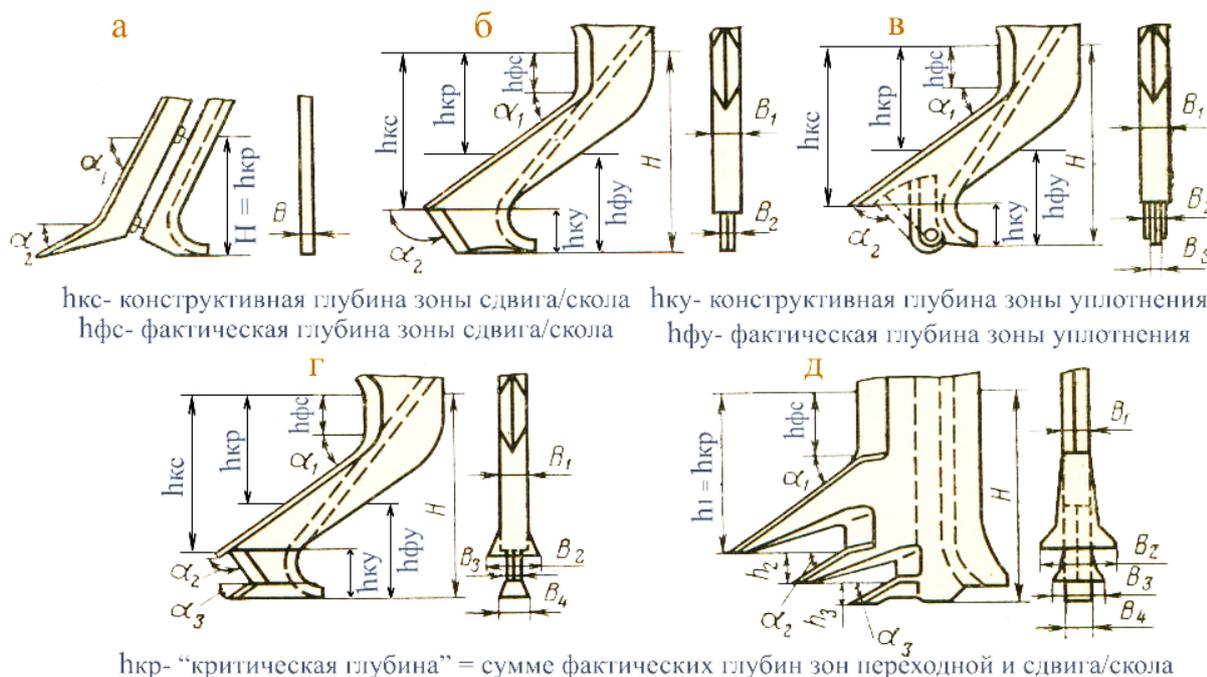


Рисунок 3 - Схемы испытанных конструкций пассивных рабочих органов для укладки дренажа на глубину от 1,5 до 3,0 м

Для обеспечения устойчивой глубины резания была разработана конструкция режущей кромки, предусматривающая постоянное превышение вертикальных составляющих сил резания, которые воспринимались лыжами на раме навески рабочего органа (рис. 3г). Кроме того, считалось, что такая конструкция обеспечит уменьшение уплотнения грунта в придренной зоне.

В 1969-1970 годах с помощью этого рабочего органа были построены два опытно-производственных участка бестраншейного дренажа из гофрированных полиэтиленовых дренажных труб диаметром 75/65 мм с круговым, тонким фильтром из капроновой мелиоративной ткани. Однако замеры расходов из дрен, как на фоне капитальной промывки почв, так и на фоне орошения, выявили низкую их работоспособность. Фактический приток воды к дренам оказался в 15-20 раз ниже расчётного. Наблюдалось нависание грунтовых вод над дренами, которое достигало одного и более метров. Было установлено, что причиной этого является как увеличение объёмного веса грунта в стенках придренной полости на 3-10%, так и снижение  $K_f$  грунта у стенки прорези в 5-10 раз по сравнению с грунтом ненарушенного сложения. Восстановление объёмного веса до значений ненарушенного грунта происходило на расстоянии 10 см, а  $K_f$  - 30-60 см от стенок прорези [3].

За рубежом аналогичные причины, объясняющие слабую работоспособность бестраншейного дренажа из пластмассовых труб с тонкими синтетическими фильтрами, уложенными ниже критической глубины в минеральных грунтах с низкой водопроницаемостью, были выявлены только в конце 1970-х - 1980-х годов [4, 5].

Для преодоления выявленных недостатков в 1969–1970 годах во ВНИИГиМ были проведены дополнительные исследования характера разрушения грунта, при которых было установлено наличие переходной зоны между зонами сдвига/скола и уплотнения. Это позволило разработать общие требования к пассивным рабочим органам, как для уменьшения энергоёмкости резания, так и предотвращения нарушения водопроницаемости грунта [3].

Режущая кромка пассивного рабочего органа только в переходной зоне должна иметь оптимальные для сдвига/скола грунта углы резания ( $30-36^\circ$ ) и заострения  $180^\circ$ . В зоне сдвига/скола для исключения излишней деформации уже нарушенного, приподнятого грунта ширина режущей кромки должна быть минимальной. Здесь угол резания должен быть  $60-90^\circ$ , а угол заострения  $60^\circ$ .

При укладке дрен на глубину более критической целесообразно применять послойное прорезание щели по всей глубине за счёт только сдвига/скола грунта вверх, которое может быть обеспечено за счёт придания режущей кромке рабочего органа ступенчатой формы. При этом уширение режущей кромки в переходной зоне верхней ступени должно образовывать для нижележащей ступени полость, в которую последняя сдвигает грунт вверх. Режущая кромка нижней ступени должна быть сдвинута по горизонтали в противоположном резанию направлении, чтобы обеспечить свободный подъём грунта.

Конструктивная глубина резания верхней ступени, предназначенной для работы, как правило, в сухом грунте, должна быть наибольшей, приближающейся к критической. Нижележащая ступень должна иметь глубину резания значительно меньше критической, т.к. влажный пластичный грунт сложнее поддаётся сдвигу вверх без нарушения его водопроницаемости.

При укладке дренажных труб ниже критической глубины во влажных грунтах необходимо применять объёмные, желательны песчано-гравийные фильтры.

В 1971-1972 годах был изготовлен бестраншейный дреноукладчик БДМ-301 со ступенчатым пассивным рабочим органом (рис. 3д, 4), имевшим конструкцию, соответствующую вышеизложенным требованиям.

В 1972-1973 годах дренаж, уложенный БДМ-301 на глубину 2,7-3,0 м, прошёл широкие производственные испытания на орошаемых землях Голодной степи. Рабочий орган БДМ-301 обеспечивал минимальное нарушение грунта в придренной зоне, а уложенный дренаж обеспечивал проектные модули дренажного стока и интенсивное снижение уровня грунтовых вод в любых грунтовых условиях с коэффициентами фильтрации грунта от 0,5 до 0,01 м/сут.

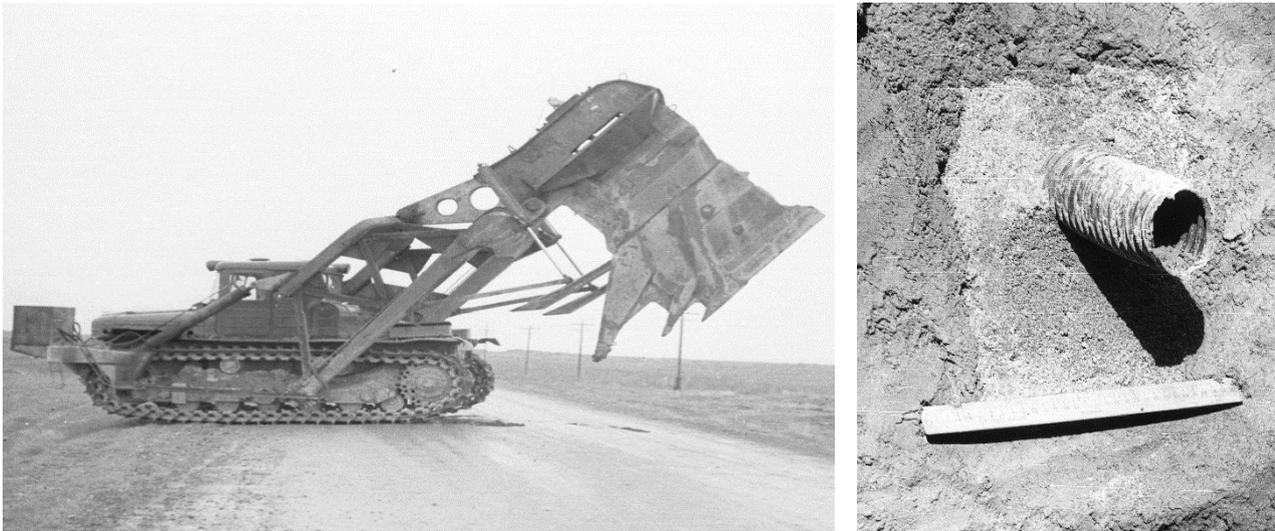


Рисунок 4 - Бестраншейная дренажная машина БДМ-301 и разрез по дрене с песчано-гравийным фильтром, уложенной этой машиной

В 1974 г. нижняя ступень режущей кромки, прорезающая полость под дреном, была сделана подвижной в вертикальном направлении относительно рабочего органа, что обеспечило снижение инерционности и увеличение точности при управлении пассивным рабочим органом в процессе укладки дрены (рис. 5) [5].

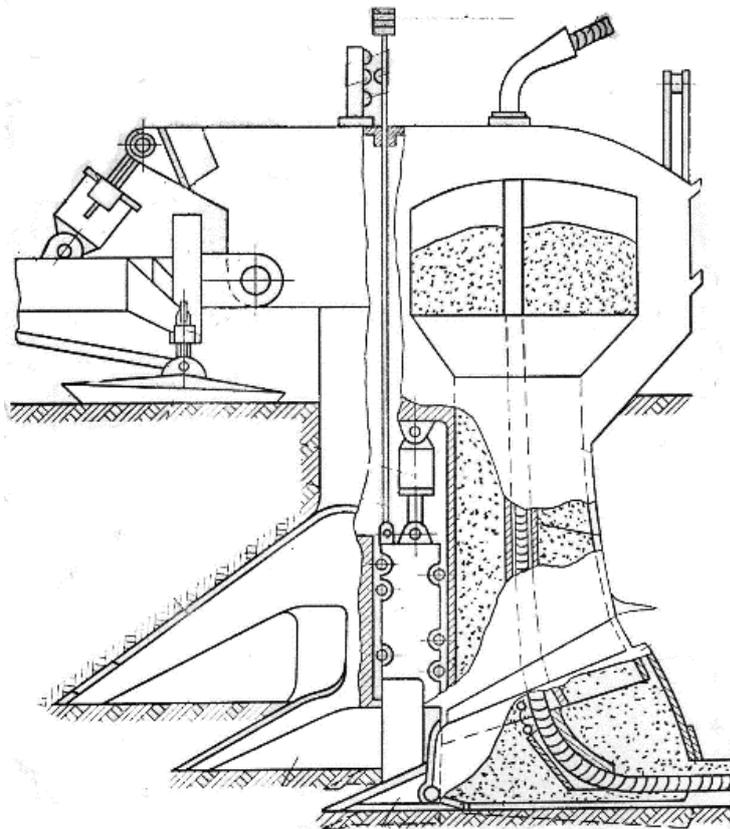


Рисунок 5 - Схема рабочего органа с подвижной нижней ступенью

Во второй половине 1970-х годов, на основе положительных результатов применения бестраншейного способа строительства дренажа в Голодной степи, ВНИИЗЕММАШ по техническим требованиям ВНИИГиМ были разработаны конструкции бестраншейных дреноукладчиков для зоны осушения МД-3, затем МД-12 на глубину укладки дрен до 1,8 м (рис. 6) [6].

Создав удачную гусеничную базу, маятниковую конструкцию навески рабочего органа, разработчики проигнорировали требования к конструкции режущей кромки рабочего органа, что привело к тому, что эти машины можно было эффективно использовать для укладки дренажа только в грунтах с коэффициентами фильтрации более 0,3 м/сут, при глубинах до 1,5 м. В результате к началу 1990-х годов среди многих специалистов отрасли сложилось мнение, что бестраншейная технология укладки дренажа мало перспективна, что не соответствует зарубежному опыту строительства дренажа.



Рисунок 6 - Бестраншейная дренажная машина МД-12

За рубежом активно использовали и используют бестраншейный способ строительства дренажа. Зарубежные производители наряду с траншейными и узкотраншейными дреноукладчиками выпускали и выпускают бестраншейные машины - дренажные плуги (Drainage Plows). Сегодня сложилось два направления создания и применения таких машин.

**Первое направление** - выпуск самоходных машин на специальных гусеничных шасси, что типично для ведущих европейских производителей, Mastenbroek (Англия), Barth Hollandrain и Inter Drain (Нидерланды), а так же ряда североамериканских фирм, Wolfe Heavy Equipment (Канада) (рис.7).

Технические характеристики, которые свойственны всем современным зарубежным самоходным бестраншейным машинам следующие: мощность двигателя от 300 до 600 л.с., вес машин от 30 до 50 тонн.

Возможны три типа навески пассивных рабочих органов на раму базового шасси: двойной параллелограмм, одинарный параллелограмм, одинарная балка (маятниковая). Навески в процессе работы позволяют рабочему органу отклоняться относительно рамы шасси в горизонтальной плоскости на 5-10°.

Рабочие органы выполняются в виде вертикального или V-образного ножа (рис. 7). Режущие кромки ножей снизу имеют угол резания 30-35° и заострения 180°, а сверху, соответственно, от 50° до 90° и 60° и имеют сменные быстросъемные износостойкие накладки, по ширине соответствующие диаметру укладываемых дрен.



Рисунок 7 - Самоходные бестраншейные дренажные машины на специальных гусеничных шасси с вертикальными рабочими органами фирм Mastenbroek (а), Hollandrain (б), Inter Drain (в) и с рабочими органами V-образной формы фирмы Mastenbroek (г)

Привод гусениц отдельный гидравлический. Для поддержания рабочего органа в вертикальном положении гусеничные тележки имеют независимую подвеску относительно друг друга и относительно рамы базового шасси. При этом рама базового шасси в процессе работы автоматически поддерживается в горизонтальном положении (рис. 8).

Рабочая глубина укладки дрен от 1,0 до 2,5 м. Диаметры укладываемых дрен от 75 до 300 мм (у V-образных - до 100 мм). Скорость укладки до 5000 м/час.

Спускной желоб (или бункер для сыпучих фильтров) для укладки дрены у вертикальных рабочих органов навешивается сзади ножа с возможностью опоры на дно прорезаемой под дренами щели, а у V-образных встроен в тело одного из ножей. Управление глубиной резания для соблюдения уклона и точности укладки дрены осуществляется автоматически с применением лазерных или GPS систем.



Рисунок 8 – Подвеска гусениц к базовой раме

Стоимость машин от 200 до 500 тыс \$. Они изготавливаются, в основном, под заказ под крупные мелиоративные проекты. Машины используются как в зонах осушения, так и орошения. Использование бестраншейных машин в зоне орошения обусловлено тем, что, по мнению большинства зарубежных специалистов (да и многих отечественных), средняя глубина укладки дрен в зоне орошения должна быть не более 2,0- 2,5 м, так как регулирование солевого режима почв в орошаемой зоне на глубину более 1,5 метров нецелесообразно, вследствие проблем возникающих при утилизации сильноминерализованных дренажных вод [8].

**Второе направление** - это выпуск навесных и прицепных бестраншейные дреноукладчиков к мощным сельскохозяйственным колёсным или гусеничным тракторам. Оно свойственно североамериканским производителям, таким как Link MFG и Soil-Max Inc. (Канада); Crary Agricultural Solutions LLC, Johnson Drainage Plows и O'Connell Farm Drainage Plows (США) (рис.9).

Разработка и выпуск такого оборудования связана с тем, что многие фермеры США и Канады в зонах осушения предпочитают на небольших по площади земельных участках самостоятельно строить или реконструировать закрытый дренаж. Привлекать для этих целей крупные подрядные организации не выгодно. Этому также способствует налаженное производство оборудования на базе GPS и программного обеспечения, с помощью которых фермер может сам запроектировать и построить дренаж.

Типичные технические характеристики навесных и прицепных бестраншейных дреноукладчиков следующие.

Дреноукладчики агрегируются с колесными тракторами мощностью от 250 до 450 л.с. или гусеничными мощностью от 200 до 300 л.с.



a)



б)

Рисунок 9 – Прицепной (а) и навесные (б) дреоукладчики фирм O'Connell Farm Drainage Plows, Johnson Drainage Plows

Пассивные рабочие органы изготавливаются в виде вертикального ножа, режущая кромка которого имеет внизу угол резания 26-35° и заострения 180°, а вверху, соответственно, 90° и 60°. Режущие кромки имеют сменные быстросъемные износостойкие накладки, по ширине в зоне укладки дрен, соответствующие диаметру укладываемых труб.

Навеска спускного желоба аналогична таковой у самоходных машин. Желоба, как правило, сменные, например, для диапазона труб 75-125 и 125-250 мм.

Возможные навески рабочего органа: двойной параллелограмм, одинарный параллелограмм, одинарная балка (маятниковая). Для навесных машин типичным является одинарный параллелограмм, реже - двойной параллелограмм. Для прицепных - одинарная балка, редко одинарный параллелограмм. Вес прицепного и навесного оборудования от 2 до 4 тонн.

Глубина укладки дрен 1,0-2,0 м. Диаметр укладываемых дренажных труб с синтетическим фильтром от 75 до 250 мм. Управление уклоном и точностью укладки дрен аналогично самоходным машинам. Скорость укладки до 5000 м/час.

Для агрегатирования навесных машин используется стандартная трёхточечная навеска трактора. Прицепные к крюку трактора опираются на поверхность трассы дрены с помощью двух колес (одинарная балка) или с помощью собственных четырёх колёсных шасси (с одинарным параллелограммом).

Стоимость навесных и прицепных дреноукладчиков от 10 до 50 тыс. \$.

Существенным преимуществом всех зарубежных машин для бестраншейного строительства дренажа (самоходных, навесных и прицепных) является использование для изготовления пассивных рабочих органов и конструкций их навески высокопрочных сталей, позволяющих снизить их массу и повысить прочностные характеристики.

Подводя итоги вышеприведённого анализа отечественного и зарубежного опыта конструирования машин для бестраншейного способа строительства закрытого горизонтального дренажа и их применения, можно констатировать следующее.

1. Для выполнения в короткие сроки большого объёма дренажных работ в России количество требующихся для страны бестраншейных дреноукладчиков, обладающих производительностью в 2-5 раз более высокой, чем траншейные или узкотраншейные, будет кратно меньшим.

2. Конструктивные и технологические разработки, выполненные отечественными научными организациями в 1960-1980-х годах, позволяют создать простые в изготовлении и надёжные бестраншейные дреноукладчики. Главные недостатки бестраншейного способа укладки дрен, связанные с высоким тяговым сопротивлением пассивных рабочих органов и нарушением водопроницаемости грунта в придренной зоне, могут быть устранены за счет применения ступенчатых рабочих органов. Выпуск большого количества лазерных и GPS систем управления землеройными рабочими органами и совершенных гидравлических исполнительных устройств облегчает задачу автоматизации точного регулирования глубины укладки дрены.

3. Нет необходимости создания различных по конструкции самоходных машин на специальных гусеничных шасси для зон орошения и осушения. Бестраншейный дреноукладчик может быть универсальным для обеих зон с глубиной укладки дрен до 2,5 м. Базой для универсального бестраншейного дреноукладчика могут служить тракторы общего назначения тягового класса 25-40 тонн, которые сегодня выпускается как у нас, так и многими зарубежными фирмами.

4. Учитывая опыт североамериканских производителей, необходимо наладить производство дешевого навесного или прицепного оборудования к сельскохозяйственным тракторам для бестраншейной укладки дрен на глубину до 1,8 м при реконструкции систем в фермерских хозяйствах зоны осушения.

#### **Список использованных источников**

1. В.Н. Буравцев, А.Ф. Французова, Некоторые результаты исследований по бестраншейному строительству дренажа на орошаемых землях. Сборник ВНИИГиМ. Молодые ученые гидротехники и мелиораторы сельскому хозяйству. Впуск 5 (3) М., 1970.
2. Буравцев В.Н. Особенности резания грунтов при бестраншейном строительстве дренажа на орошаемых землях. - В кн.: Материалы Всесоюзной научно-технической конференции молодых специалистов гидротехников и мелиораторов. М., 1970, с.162-164
3. Томин Е.Д., Беспалый П.С., Буравцев В.Н., Кирейчева Л.В., Шапочкин А.Я. Опыт строительства бестраншейного закрытого дренажа в Голодной степи / Гидротехника и мелиорация, 1975, № 8, с.77.85.
4. Eggelsman, R. 1979. Comparisons between trenchless and trenching subdrainage. In: Proc. Int. Drainage Workshop, edited by J. Wesseling, I.L.R.I. Pub. 25, P.O. Box 45, Wageningen, Netherland, pp. 536-542.
5. Spoor, G., and R. K. Fry. 1982. Trenchless drainage pipe installation and its implications for subsequent drain performance. Proc. Fourth National Drainage Symposium, ASAE, St. Joseph, MI 49085-9659, pp. 105-114.
6. Буравцев В.Н., Ефремов А.Н. и др. Дреноукладчик. Авторское свидетельство № 591015.
7. Ю.Н. Артюхин, А.М. Смирнов, Н.Н. Ковальчук - Строительство бестраншейного дренажа (1987).
8. Nijland, HJ, Croon, FW, and Ritzema, HP. 2005. Subsurface drainage practices: guidelines for the implementation, operation and maintenance of subsurface pipe drainage systems. ILRI Publication 60. Alterra, Wageningen University and Research Centre, Wageningen.

УДК 631.311.5

### **ЛАЗЕРНО-ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДРЕНОУКЛАДЧИКАМИ**

**А.Н. Ефремов**

ОАО «Инженерный центр «Луч», г. Москва, Россия

Типовая лазерная система автоматического управления (САУ) высотным положением рабочего органа дреноукладчика типа ЭТЦ имеет следующие недостатки:

- необходимость проводить ручную настройку высоты положения приемника САУ на дреноукладчике и регулировку при помощи штатива высоты

лазерной плоскости с проектными уклонами коллекторов и дрен, а также переставлять передатчик на новые позиции, что приводит к вынужденным простоям дреноукладчика и снижению его производительности,

- невозможность использования одновременно нескольких дреноукладчиков при строительстве дренажной системы, в особенности там, где дрены расположены под различными углами к коллектору или каналу.

Эти недостатки устраняются применением лазерно-программной системой управления, которая состоит из типовой лазерной САУ и программной системы управления ПСУ. Лазерная САУ включает передатчик, формирующий горизонтальную опорную плоскость 2 путем вращения лазерного луча, приемник 3, пульт управления 9, электрогидроблок 11, исполнительный гидроцилиндр 12 и рабочий орган, на котором закреплен приемник 3 (рис. 1). В ПСУ управляющее воздействие изменяется по заранее составленной программе в функции времени или проходимого пути. Система СПУ состоит из актуатора 4 с встроенным электродвигателем 5 и датчиком перемещений штока, узла подвески актуатора с грузом 6, кронштейна 7, датчика пути 8 и программатора 10, вычисляющего и регулирующего перемещения штока актуатора с приемником в зависимости от заданного уклона и пройденного пути.

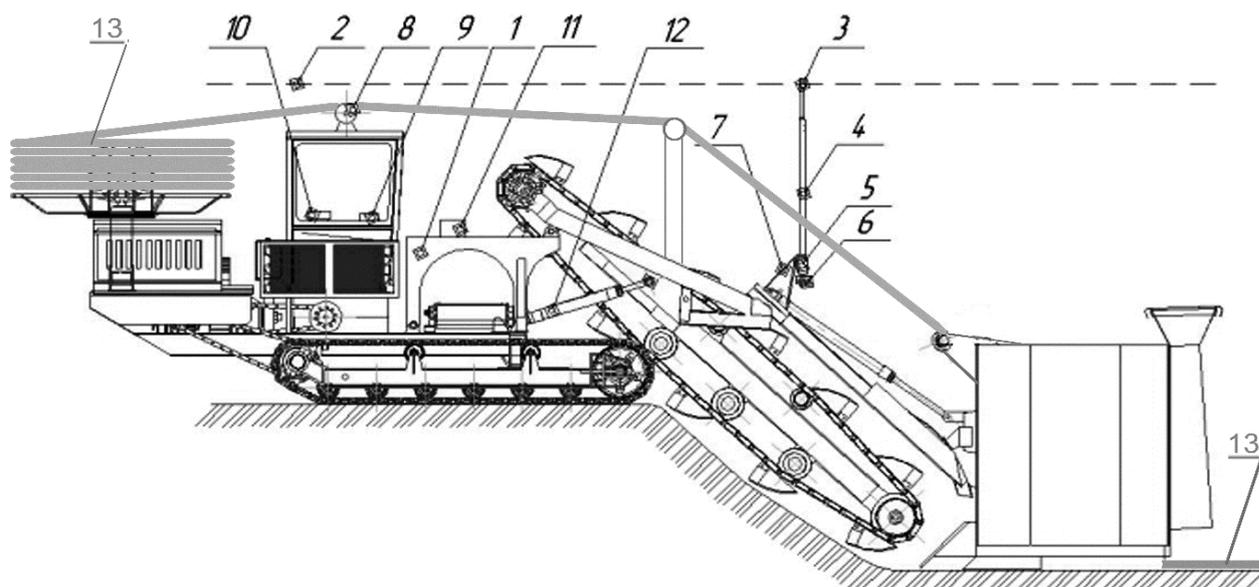


Рисунок 1 – Схема дреноукладчика типа ЭТЦ-2012 с лазерно-программной системой управления:

1 – дреноукладчик, 2 – лазерная опорная плоскость, 3 – приемник, 4 – актуатор, 5 – электродвигатель, 6 – груз, 7 – кронштейн узла подвески с шарниром, 8 – ролик с датчиком пути, 9 – пульт управления, 10 – программатор, 11 – электрогидроблок, 12 – гидроцилиндр подъема и опускания рабочего органа, 13 – дренажная труба

Общий вид элементов конструкции ПСУ представлен на рисунках 2 и 3. Актуатор закрепляют на кронштейне рабочего органа при помощи шарнирной подвески. Датчик пути устанавливают на крыше кабины дреноукладчика.

Пластмассовая труба, обмотанная фильтром, проходит между колесом и подпружиненным роликом. На лицевой стороне программатора расположены кнопки ввода проектного уклона дрены и сброса показаний датчика пути. По экрану программатора контролируют величины пройденного пути и перемещений штока актуатора. Программатор устанавливают в кабине дреноукладчика.

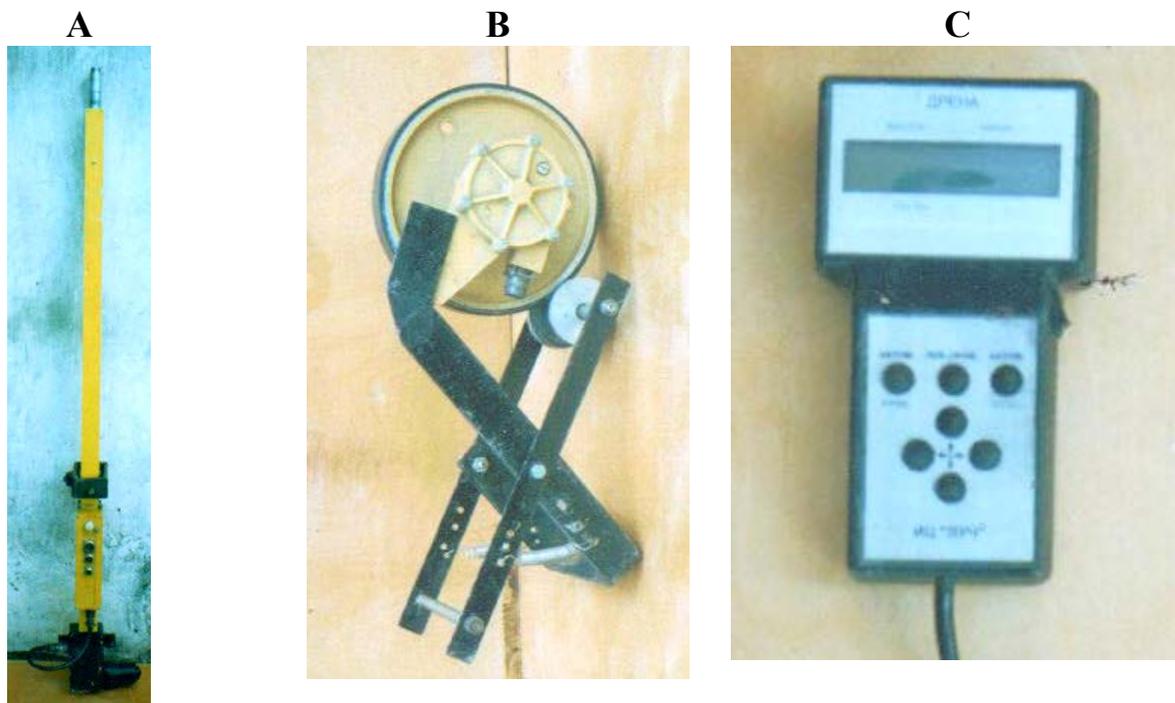


Рисунок 2 – Составные части ПСУ:  
А - актуатор, Б - датчик пути, С - программатор



Рисунок 3 – Установка актуатора на раме дреноукладчика ЭТЦ-202Б

Программу управления актуатором выбирают в зависимости от решаемой задачи. В простейшем случае уклон лазерной опорной плоскости устанавливают горизонтально. Тогда вертикальные перемещения приемника относительно рабочего органа вычисляются по формуле:

$$\Delta = x \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (1),$$

где:  $\Delta$  – вертикальные перемещения приемника, см;

$\operatorname{tg} \delta$  – уклон дрены;  $x$  – длина уложенной дрены, см.

При работе дреноукладчика с САУ и ПСУ сначала устанавливают передатчик, формирующий горизонтальное положение лазерной плоскости. Программатор 13 вычисляет величину перемещения штока актуатора 4 с приемником 8 по формуле 1 и включает электропривод актуатора, перемещающий шток с приемником относительно рабочего органа до момента, когда фактическая величина положения штока, измеряемая датчиком линейных перемещений, сравнивается с вычисленным значением (рис. 1). Одновременно САУ удерживает центр приемника 8 на лазерной плоскости 9 по цепи управления: передатчик - лазерная плоскость 9 - приемник 8 - пульт управления 10 - электрогидроблок 11 – гидроцилиндр 12 – рабочий орган - приемник 8. При этом рабочий орган отрывает траншею с уклоном дрены, задаваемым перемещениями приемника.

Данные испытаний ПСУ приведены в таблицах 1 и 2 [1]. Проверка функционирования ПСУ проводилась при уклоне дрены равном 0,005 (табл. 1). Как видно из этой таблицы, погрешность ПСУ не превышает 5 мм, что не влияет на заданную точность укладки дрены ( $\pm 2-3$  см).

Таблица 1 – Показатели работы ПСУ

Пройденный путь, м	Показания на экране программатора, мм	Расчетная высота, мм	Погрешность, мм
0	0	0	0
20	105	100	5
40	195	200	5
60	305	300	5
80	400	400	0
100	495	500	5
240 (макс.)	1200	1200	0

Применение лазерно-программной системы управления позволяет укладывать на площади строительства до 50 га дренажную сеть с различными и переменными уклонами коллекторов и дрен с одной позиции передатчика без его перестановки и настройки, что значительно снижает подготовительные работы и исключает простои машины. При этом стоимость лазерного передатчика с горизонтальным вращением луча значительно ниже передатчика, задающего

наклонную плоскость. Кроме того, имеется возможность применять одновременно несколько дреноукладчиков, работающих от одного лазерного передатчика с горизонтальным вращением луча.

Другой тип лазерно-программной системы управления высотным положением рабочего органа разработан для бестраншейного дреноукладчика типа ДБ-2,0М (рис. 4 и 5). Лазерно-программная система управления состоит из типовой лазерной системы САУ и программной системы управления (ПСУ). САУ состоит из приемника 1, закрепленного на штанге 2, соединенной с подвижным нижним зубом 3, и исполнительного гидроцилиндра 4. Сигналы приемника относительно лазерной плоскости 5 передаются в пульт управления и далее на электрогидроблок 6 и гидроцилиндр 4. ПСУ включает рабочий орган - нож 7, параллелограммную навеску 8 с гидроцилиндром 9, лыжи 10 с гидроцилиндрами 11, программатор 12 в виде 3-х позиционного переключателя с тремя контактами 13, 14, 15, которые замыкаются упором (магнитом) 16 при перемещении штанги 2, и электрогидроблок 17 [2]. Гидроцилиндр 9 при работе устанавливает в плавающее положение, а гидроцилиндры 11 с навеской 8 служат для вертикального перемещения ножа.

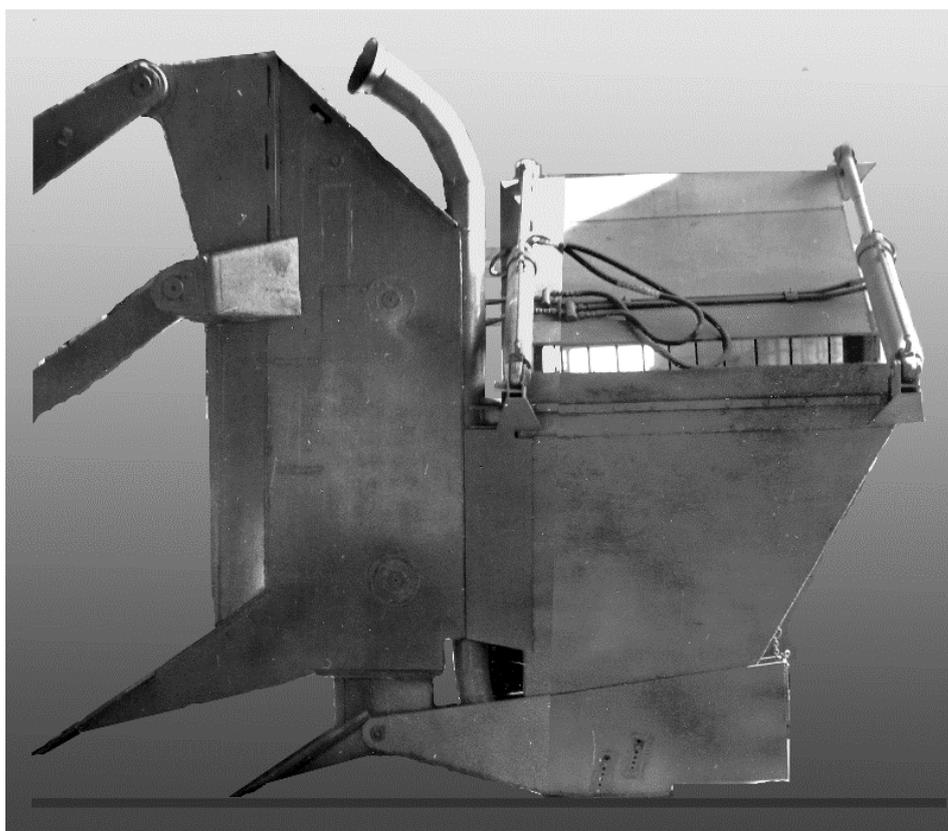


Рисунок 4 – Рабочий орган дреноукладчика ДБ-2,0М

Таблица 2 – Технические характеристики ПСУ

Наименования характеристик	Данные испытаний
Ход штока актуатора, мм	1100
Погрешность хода штока актуатора, мм	$\pm 5$
Погрешность измерений пройденного пути, см	$\pm 1$
Диапазон задания проектных уклонов дрены,	$\pm 0,01$
Интервал задания уклонов дрены	0,0001
Номинальное напряжение бортовой сети, В	12
Потребляемая мощность, Вт	30
Габаритные размеры, мм: - актуатора - датчика пути - программатора	1910x225x140 570x220x260 225x125x110
Масса, кг: - актуатора - датчика пути - программатора	8,2 6,7 1,1
Точность укладки дрен, см	$\pm 2-3$

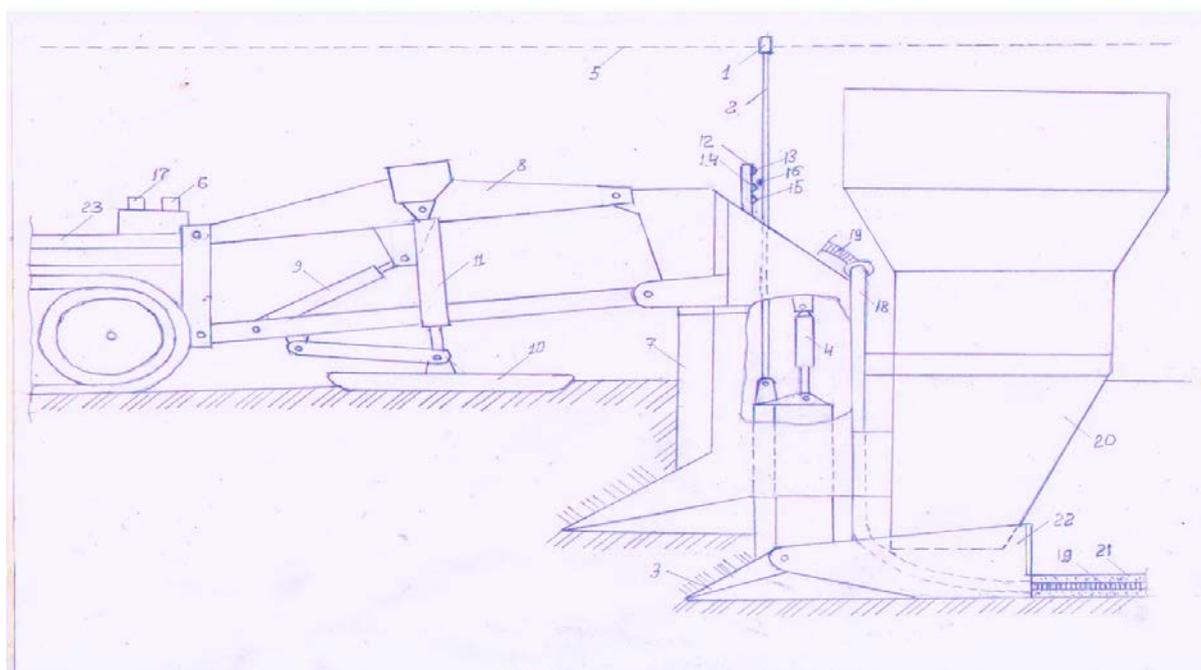


Рисунок 5 - Схема бестраншейного дреноукладчика типа ДБ-2,0М с лазерно-программной системой управления:

1-приемник, 2-штанга, 3-подвижной зуб, 4-гидроцилиндр зуба, 5-лазерная опорная плоскость, параллельная уклону дрены, 6-электрогидроблок САУ, 7-нож, 8-параллелограммная навеска, 9-гидроцилиндр навески, 10-лыжи, 11-гидроцилиндры лыж, 12-программатор, 13, 14, 15-верхний, средний и нижний контакты программатора, 16-упор программатора, 17-электрогидроблок ПСУ, 18-спускной желоб, 19-дренажная труба, 20-бункер, 21-обсыпка дренажной трубы, 22-заслонка, 23-трактор

Лазерная САУ в автоматическом режиме управления удерживает зуб 3 на проектной глубине при положении упора 16 между верхним 13 и нижним 15 контактами. Когда упор замыкает верхний или нижний контакт, включается электрогидроблок 17 и штоки гидроцилиндров 11 лыж поднимают или опускают под собственным весом нож 2 относительно поверхности земли. Длительность включения продолжается до момента замыкания упором среднего контакта 14, когда гидроцилиндры 11 запираются. Одновременно с этим подвижной зуб постоянно поддерживает проектную глубину копания с помощью гидроцилиндра 4 по цепи управления: передатчик - лазерная плоскость 5 - приемник 11 – пульт управления – электрогидроблок 6 – гидроцилиндр 4 – зуб 3 – приемник 1. Нож сзади соединен со спускным желобом 18, внутри которого проходит дренажная труба 19, предварительно разложенная по трассе дрены. Бункер 20 обеспечивает загрузку и отсыпку песчано-гравийной смеси 21 вокруг трубы 19. Высота отсыпки фильтрующего материала регулируется заслонкой 22. Все рабочее оборудование навешивается на трактор 23 типа ДЭТ-250М.

Расчетные показатели и данные испытаний лазерно-программной системы управления показывают, что время быстрогодействия лазерной САУ составляет 0,5-2 с, а ПСУ - 5 с. При этом, расчетная точность укладки дрены не превышает  $\pm 2$  см. Применение подвижного зуба позволяет избежать влияния значительных нагрузок на весь рабочий орган, испытывающий значительные усилия защемления его боковых поверхностей в грунте, повысить быстродействие лазерной системы управления и точность укладки дрены. Расстояние между контактами программатора можно регулировать, добиваясь оптимального включения СПУ во избежание попадания подвижного зуба в крайние положения, что положительно сказывается на точности укладки дрены.

Предлагаемые лазерно-программные системы управления, предназначенные для регулирования глубины копания дренажукладчиков, также могут взаимодействовать со спутниковыми системами навигации GPS и ГЛОНАСС. В этом случае сохраняются все функции ПСУ, а приемник и пульт управления лазерной САУ заменяются на аналогичные по назначению составляющие спутниковых систем навигации.

#### **Список использованных источников**

1. Отчет по госконтракту № 879/22 «Проведение исследований по разработке технологий производства мелиоративных работ с применением программных средств и лазерного оборудования нового поколения». УГП «Инженерный центр «Луч», М., 2004, с. 53.
2. А.Н. Ефремов, А.К. Камальдинов, А.И. Мармалев, В.Г. Самородов. Лазерная техника в мелиоративном строительстве. М.: Агропромиздат, 1989, 223 с.

УДК 631.587.

## **ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН**

**И.А. Каюмов, Марс М. Хисматуллин, Марсель М. Хисматуллин**  
ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Республике Татарстан», г. Казань, Россия

На сегодняшний день в России практически не осталось заводоизготовителей дождевальных машин. И в последнее десятилетие российские сельхозтоваропроизводители покупали дождевальные машины из стран дальнего зарубежья. Для комплектации оросительных систем только хозяйствами Республики Татарстан за последние годы было закуплено современное импортное мелиоративное оборудование на общую сумму более 725 млн. рублей (из них 557 млн. руб. субсидировалось из бюджета Республики Татарстан), которое успешно функционирует и работает на урожай. В последние годы за счет изменений на валютных рынках дождевальные машины значительно подорожали, и сегодня многие крестьянские хозяйства не могут себе позволить нести дополнительные расходы даже при наличии государственных субсидий.

Для обеспечения потребности крестьянских хозяйств в республике был построен Казанский завод оросительной техники (КЗОТ) по производству высокотехнологичных широкозахватных электрифицированных дождевальных машин кругового действия «Казанка». Учредители завода ООО «Татмелиотехсервис» 55% и ОАО Тростовая компания «Татмелиорация» - 45%. Уставной капитал составил 6,1 млн. рублей.

За короткий срок, менее 1 года, были выполнены работы по созданию и совершенствованию конструкторской документации, изготовлены векторные модели деталей на станках с программным управлением.

Сегодня у России один выбор - создавать свои машины для полива сельскохозяйственных культур и ускоренными темпами развивать орошаемое земледелие. Мелиораторы Татарстана при поддержке Министерства сельского хозяйства РФ, Президента республики Р.Н. Минниханова [1] разработали, испытали и запустили в серийное производство современную высокотехнологичную поливную технику - дождевальную машину кругового действия «Казанка».

В 2016 году было изготовлено и поставлено хозяйствам Республики 14 комплектов дождевальных машин «Казанка» [2-4].

В 2017 году планируется произвести 100 комплектов, а к 2018 году КЗОТ будет выпускать до 150 комплектов дождевальных машин «Казанка».

Сегодня локализация производства машин превышает 70%, из которых поставка комплектующих для производства дождевальных машин «Казанка» на 59% сосредоточена на территории Татарстана (ОАО «Альметьевский трубный завод», ООО «Татметалл», ООО «Нижекамскшина», ПАО «Казаньоргсинтез», ООО «Ак-Барс-Металл», АО «Кварт», «Таткабель», ООО «Электроцентр» и др.). В дальнейшем планируется увеличить локализацию до 80%.

Производимые дождевальные машины «Казанка» позволяют поливать зерновые, овощные и технические культуры, многолетние травы и пастбища, а также другие культуры, включая высокостебельные. Их стоимость на 30-35% дешевле, чем аналогичных дождевальных машин, производимых за рубежом.

Дождевальная машина «Казанка» не имеет аналогов в России, соответствует всем техническим и технологическим требованиям, предъявляемым к данному виду техники. Длина стандартной дождевальной машины «Казанка» 464 метра, площадь полива с одной позиции достигает 64 га. Машина позволяет выполнять полный объем работ по созданию благоприятных условий для развития растений в заданные агротехнические сроки. Норму полива можно менять в зависимости от скорости движения задней тележки дождевальной машины.

Поливальная техника оснащается стальным оцинкованным трубопроводом. За счет оцинковки труб, которая производится так же в Татарстане, срок службы установки повышен до 50 лет. В комплекте установки имеются специальные насадки, формирующие мелкокапельный дождь, что обеспечивает равномерность полива сельскохозяйственных культур.

К преимуществам дождевальной машины относится возможность полива разнообразных видов сельскохозяйственных культур, высокая энергоэффективность, мобильность, экономичность, возможность реверсного движения. Машина может передвигаться как по часовой стрелке, так и в обратном направлении, регулировать и чередовать полив с учётом размещения на орошаемом участке разнообразных сельскохозяйственных культур. Это техническое достижение обеспечивает небольшим фермерским хозяйствам возможность эффективно работать на полях с различными сельскохозяйственными культурами. Существенным достоинством является возможность самостоятельного передвижения дождевальной машины от одного гидранта к другому, позволяя удвоить площадь орошения за сезон с возможностью полива более 130 га с двух позиций. Кроме того, дождевальная машина «Казанка» работает при более низких напорах воды в гидранте (до 0,35 МПа), чем дождевальная машина «Фрегат». Это обеспечивает возможность снижения давления в трубопроводе, существенно уменьшает износ труб, а также расход электроэнергии и воды до 25-30%.

Отечественное производство дождевальных машин «Казанка» в полной мере укладывается в рамки проводимого в стране курса импортозамещения, вносит достойный вклад в техническую модернизацию мелиоративного комплекса, обеспечивает возможность увеличения площади мелиорированных земель и гарантированный рост объемов основных видов продукции растениеводства.

Развитию производства и рынка дождевальных машин способствует Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 — 2020 годы» [1]. Она нацелена на повышение продуктивности и устойчивости сельскохозяйственного производства. В рамках реализации Федеральной целевой программы предусмотрено субси-

дирование до 50% затрат товаропроизводителей на строительство, реконструкцию и техническое перевооружение мелиоративных систем.

Согласно принятой долгосрочной программе развития мелиорации до 2020 года за счет федеральной и республиканской целевых программ планируется восстановить в республике 35 тыс. га орошаемых земель.

В таких условиях развитие производства продукции Казанского завода оросительной техники позволит удовлетворить потребность в дождевальными машинами не только потребителей России, но и стран ближнего и дальнего зарубежья.

#### **Список использованных источников**

1. Постановление правительства Российской Федерации № 13 от 15 января 2015 г. «О федеральной программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы.» М.: 209 с.
2. Каюмов И.А., Броднев Р.Е. Результаты работы ФГБУ «Управление «Татмелиоводхоз» в 2016 году. Тезисы докладов Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства. Казань. 2017-С. 184, 185.
3. Каюмов И.А., Егенов А.А. Ресурсное обеспечение мелиорации Республики Татарстан в 2016 году. Тезисы докладов Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства. Казань. 2017-С. 185.
4. Каюмов И.А., Носов А.Е. Структура финансирования мелиоративных программ в 2016 году в Республике Татарстан. Тезисы докладов Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства. Казань. 2017-С. 185.

УДК 631.01.020.05.

## **ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ**

<sup>1</sup> А.Ю. Корнеев, <sup>2</sup> Н.Б. Мартынова

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Семенные клубни картофеля получают путем вычленения меристемы из зародышевой почки и ростков здорового материнского клубня. Из меристемы выращивается в пробирке растение-регенерант, затем производится черенкование и высадка в теплице для получения мини-клубней. Мини-клубни выращивают в полевых условиях для получения товарных клубней суперэлиты [1]. В течение всего срока выращивания материала проводится обработка растения препаратами от насекомых-вредителей, грибковых и бактериальных болезней, а также анализ наличия вирусов. Растения многократно проверяются на наличие болезней [2].

Используя капельное орошение, антибактериальные и антигрибковые препараты можно доставить непосредственно к корням растения с помощью встроенного в капельную линию инжекторного дозатора. Расход препарата в этом случае уменьшится в несколько раз [3]. При капельном орошении количе-

ство подаваемой к растениям воды намного ниже, чем при использовании дождевания. Вода при капельном орошении подается непосредственно к корням растения, потери на испарение сведены к минимуму [4]. В капельную ленту с определенным промежутком встроены эмиттеры, представляющие собой местное сопротивление, разбивающее поток на отдельные капли. Вода в почве движется под действием силы тяжести и капиллярных сил [5].

Определим суммарную силу, действующую на каплю в почве:

$$F = \left( \frac{4}{3} \cdot \rho \cdot g \cdot \pi \cdot R^3 \right)^2 + (\pi \cdot R \cdot \sigma)^2 - \frac{8}{3} \cdot \rho \cdot g \cdot \pi^2 \cdot R^4 \cdot \sigma \cdot \cos \alpha$$

где:  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $R$ – радиус капли, м;  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения, Н/м.

Далее вычислим расход воды для получения требуемого контура увлажнения:

$$Q = \sqrt{\frac{16}{9} \cdot \rho \cdot g^2 \cdot \pi^3 \cdot R^8 + \frac{\pi^3 \cdot \sigma^2 \cdot R^4}{\rho} - \frac{8}{3} \cdot g \cdot \pi^3 \cdot R^6 \cdot \sigma \cdot \cos \alpha}$$

Зная время работы капельницы, можно определить параметры контура увлажнения.

Параметры контура увлажнения были уточнены в лабораторных условиях. Были исследованы параметры контура увлажнения капельницы с расходом 2 л/ч (рис. 1, 2). Диапазон времени работы капельницы изменялся в пределах 3 – 30 минут.

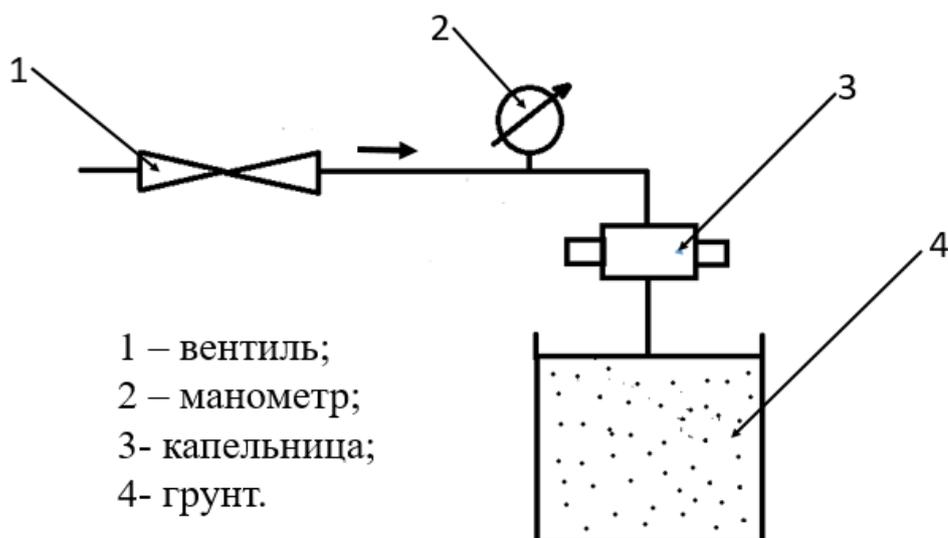


Рисунок 1 - Схема лабораторной установки



Рисунок 2 - Контур увлажнения капельницы с расходом 2л/ч

Так как в начальный период развития клубней потребность растения в воде не велика, укладку капельной ленты целесообразно проводить совместно с гребневанием - на 10-14 день со времени посадки картофеля [6,7]. Гребневание картофеля осуществляется машинами с активным или пассивным рабочими органами. Рабочий орган формирует гребни высотой 20-30 см, шириной по верху 15-17см, расстояние между гребнями 75–90 см [8,9]. На гребневатель устанавливается рабочее оборудование для укладки капельной ленты на глубину 20 мм от поверхности гребня [10]. Масса рабочего органа и тяговое усилие при этом увеличатся незначительно, что не влияет на эксплуатационные показатели машины. Капельные ленты были уложены на 16 картофельных полосах (рис. 3) и смонтировано капельное оборудование (рис. 4).



Рисунок 3 - Укладчик капельной ленты на базе гребневателя Grimme GF75/4

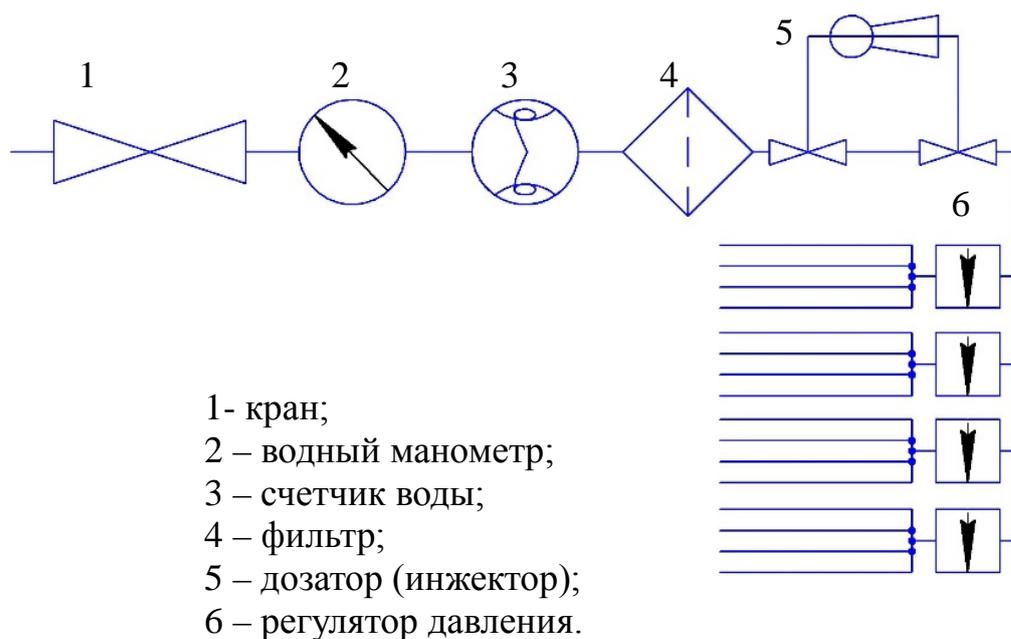


Рисунок 4 - Схема установки капельного оборудования

Длина капельных линий составила 108 м. Поливная вода с растворенными подавалась еженедельно течении 0,5 часа. Фунгицидные препараты вносились раз в неделю попеременно, а инсектицидные – раз в три недели. Расход поливной воды составил 0,6 м<sup>3</sup> на каждую линию.

л/га

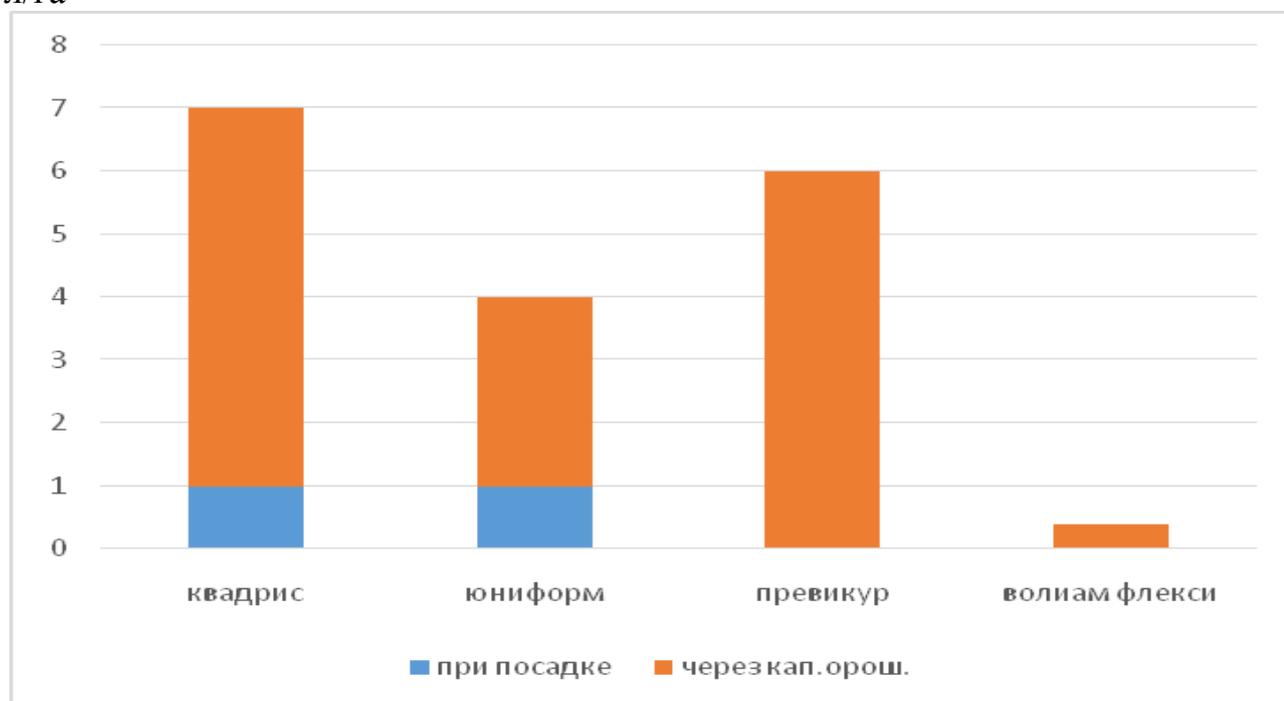


Рисунок 5 - Схема и нормы введения инсектицидных (волиам флексии) и фунгицидных (квадрис, юниформ, превикур) препаратов

Предполагаемая экономия затрат осуществляется за счет совмещения работ по гребневанию с укладкой капельной ленты и внесения препаратов вместе с поливной водой.

#### **Список использованных источников**

1. Айдаров, И.П. Расчеты контуров увлажнения при капельном и внутрипочвенном орошении / И.П. Айдаров, А.А. Алексахенко, Л.Ф. Пестов // Теория и практика комплексного мелиоративного регулирования. - М., 1983.- С. 15-22.
2. Андрианов, А.Д. Капельное орошение раннего картофеля / А.Д. Андрианов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – N 3. - С. 37-40
3. Ахмедов, А.Д. Закономерности влияния поливной нормы на динамику формирования контура увлажнения в зависимости от конструкции увлажнителя / А.Д. Ахмедов // Мелиорация: этапы и перспективы развития. – Москва: ВНИИГиМ, 2006. - С. 66-70
4. Бутов, А.А. Капельное орошение и перспективы его развития / А.А. Бутов, А.С. Штанько, В.В. Слабунов, А.Е. Шепелев // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения. - Новочеркасск, 2003.- Ч. 1.- С. 194-198.
5. Вдовин, Н.И. Расчет дефицита увлажнения почвы при капельном орошении / Н.И. Вдовин // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1979.- № 12.- С. 142-148.
6. Григоров, М.С. Дифференцированный режим орошения картофеля при капельном поливе / М.С. Григоров, В.М. Жидков, В.В. Захаров // Картофель и овощи. – 2009. - N 9. -С. 19-20
7. Дубенок, Н.Н. Особенности водного режима почвы при капельном орошении сельскохозяйственных культур / Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, О.А. Белик // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – N 4. - С. 22-25
8. Икромов, И.И. Формирование контура и полосы увлажнения почвы при разной технологии микроорошения / И.И. Икромов // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. – Рязань: Рязанский ГАУ, 2009. – Вып. 8. - С. 240-244
9. Кружилин, И.П. Режим орошения и продуктивность раннего картофеля /И.П. Кружилин, А.А. Навитня, О.Г.Гиченкова // Вопросы семеноводства и селекции орошаемых сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. - Волгоград: ВНИИОЗ, 2001. - С.93-98.
10. Мелихов, В.В. Коэффициент водопотребления как критерий эффективного промышленного производства раннего картофеля / В.В. Мелихов, А.А. Новиков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – №4. – С. 38-40

УДК 389:631.612

## **СОСТОЯНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ С СОЛОНЦОВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ**

**В.С. Пунинский**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Занимая ведущее положение среди природных ресурсов, сельскохозяйственные угодья являются исходной базой благосостояния людей. При реформировании аграрного сектора России перераспределение угодий не подкреплялось материально-техническим обеспечением. В результате большинство сельских товаропроизводителей стали резко сокращать использование имеющихся в собственности земель, переводя их в залежь. На общей площади земель России

402,6 млн. га составляют земли сельскохозяйственного назначения, из них 43,6 млн. га находятся в фонде перераспределения и не используются для сельскохозяйственного производства.

На 217,406 млн. га сельхозугодий Российской Федерации наблюдается рост деградационных процессов [2, 5, 8]. Лимитирующим фактором эффективного сельскохозяйственного производства на угодьях, занимающих площадь 220,6 млн. га, являются негативные процессы изменения почвенного покрова, высокое стояние уровня грунтовых вод, организационно-правовые решения, приводящие к выводу угодий из хозяйственного оборота и производства растениеводческой и животноводческой продукции. Кроме того, на площади 130 млн. га угодий повышается степень водной эрозии и ветровой (дефляции) эрозии, на 18,1 млн. га угодий усиливаются процессы засоления и осолонцевания. Прирост деградированных земель достигает до 1,5 млн. га в год. [1].

Функционирование этих земель на мелиоративных системах обуславливается работоспособностью открытых каналов, трубчатого дренажа и исправностью оросительных трубопроводов, гидротехнических сооружений, насосных станций, что требует повышения уровня финансирования для своевременного ухода, ремонта и реконструкции мелиоративной сети.

Протяженность мелиоративной сети России к 2006 году составила 2368,520 тыс. км, в том числе осушительной сети 2053,41 тыс. км, оросительной сети 315,11 тыс. км [6]. В 2017 году осталось в наличии каналов протяженностью 1115,005 тыс. км у всех собственников, в том числе 49,864 тысяч км каналов федеральной собственности в ведении Минсельхоза России [2].

Количество гидротехнических сооружений на мелиоративных системах России (ГТС) к 2006 году составило 1912,28 тыс. штук, в том числе осушительной сети 1099,29 тыс. штук, оросительной сети 815,38 тыс. штук [6]. В 2017 году осталось в наличии ГТС 732,401 тыс. штук у всех собственников, в том числе около 40 тысяч сооружений федеральной собственности в ведении Минсельхоза России, а также отнесенных к опасным объектам 18,4 тысячи гидротехнических сооружений, 397 сооружений: плотин водохранилищ, гидроузлов, защитных дамб [2].

Резкое за 10 лет сокращение мелиоративной сети - каналов до 47,08% от протяженности в 2006 г., уменьшение количества гидротехнических сооружений до 38,3% от наличия в 2006 г, в основном обуславливается следующими факторами: организационно-правовыми решениями, усиливающими негативное воздействие природных факторов на мелиоративные системы; отсутствие необходимого финансирования для ухода, ремонта, дноуглубления каналов и реконструкции сооружений, дренажа, повышения продуктивности земель мелиоративных систем, а так же для закупок мелиоративных машин региональными управлениями Департамента мелиорации Минсельхоза России.

Не только деление мелиоративных систем на части для передачи трем типам собственников, но и отказ Минсельхоза России от производства сельскохозяйственной продукции для населения России с переходом на мониторинг состояния земель сельскохозяйственного назначения и оптимизацию расходов на

содержание собственности усиливают негативные последствия и способствуют деградации сельскохозяйственных угодий на мелиоративных системах.

Например, в Мурманской области в 2011 году было мелиорированных земель 16,4 тыс. га с осушительными каналами протяженностью 5,4 тыс. км, а в 2012 г. эти земли были списаны с баланса собственника из-за значительной их удаленности от населенных пунктов (дальноземья). При отсутствии собственника такие земли подвержены усиленной деградации [1, 8]. Аналогично наблюдается деградация угодий на всех мелиоративных системах России [2, 5]. Динамика состояния, использование земель мелиоративных систем приведена в таблице 1.

В настоящее время в России 9444,25 тыс. га мелиорированных земель, из них требуют реконструкции 3607,7 тыс. га [10]. Для преодоления негативных последствий с 2014 года реализуется Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 - 2020 годы», которая имеет две цели. Первая - повышение продуктивности и устойчивости сельскохозяйственного производства и плодородия почв средствами комплексной мелиорации в условиях глобальных и региональных изменений климата и природных аномалий, вторая - повышение продукционного потенциала мелиорируемых земель и эффективного использования природных ресурсов.

Таблица 1 - Состояние и использование земель мелиоративных систем

Вид и характеристика земель	1990 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2017 г.
Осушаемые земли, млн. га	5,11	4,63	4,78	4,78	4,775
Мелиоративное состояние, млн.га:					
- хорошее	2,46	0,90	0,92	0,98	0,8
-удовлетворительное	2,06	2,46	2,47	2,35	2,19
-неудовлетворительное	0,58	1,28	1,4	1,46	1,79
-земли не использовались	0,15	0,41	0,56	0,68	1,66
Орошаемые земли, млн.га	6,16	4,47	4,5	4,3	4,668
Мелиоративное состояние, млн.га:					
- хорошее	4,09	2,69	2,56	2,39	2,46
-удовлетворительное	1,23	1,05	1,02	1,00	1,32
-неудовлетворительное	0,84	0,70	0,914	0,86	0,88
-земли не поливались	1,28	1,70	1,92	1,80	3,0

Для реализации ФЦП предусмотрены ресурсы в объеме 132,223 млрд. рублей, в том числе из федерального бюджета 60,94 млрд. рублей, из инвестиций сельскохозяйственных товаропроизводителей 56,61 млрд. рублей. Предусматривается реконструкция 371 объекта с вводом в эксплуатацию мелиорированных земель на площади 594,71 тыс. га и выбывших угодий за счет проведения культуртехнических работ на площади 340,6 тыс. га [10]. Запланированных средств в целом недостаточно, так как прирост к деградированным угодьям достигает до 1,5 млн. га в год.

Восстановление эффективного функционирования мелиоративной сети и гидротехнических сооружений при одновременном повышении плодородия малопродуктивных угодий мелиоративных систем может позволить значительно сократить прирост деградированных земель и подтверждает актуальность разработки новых способов комплексной мелиорации с применением энергонасыщенных комбинированных агрегатов (рис. 1) и многофункциональных специальных мелиоративных машин.

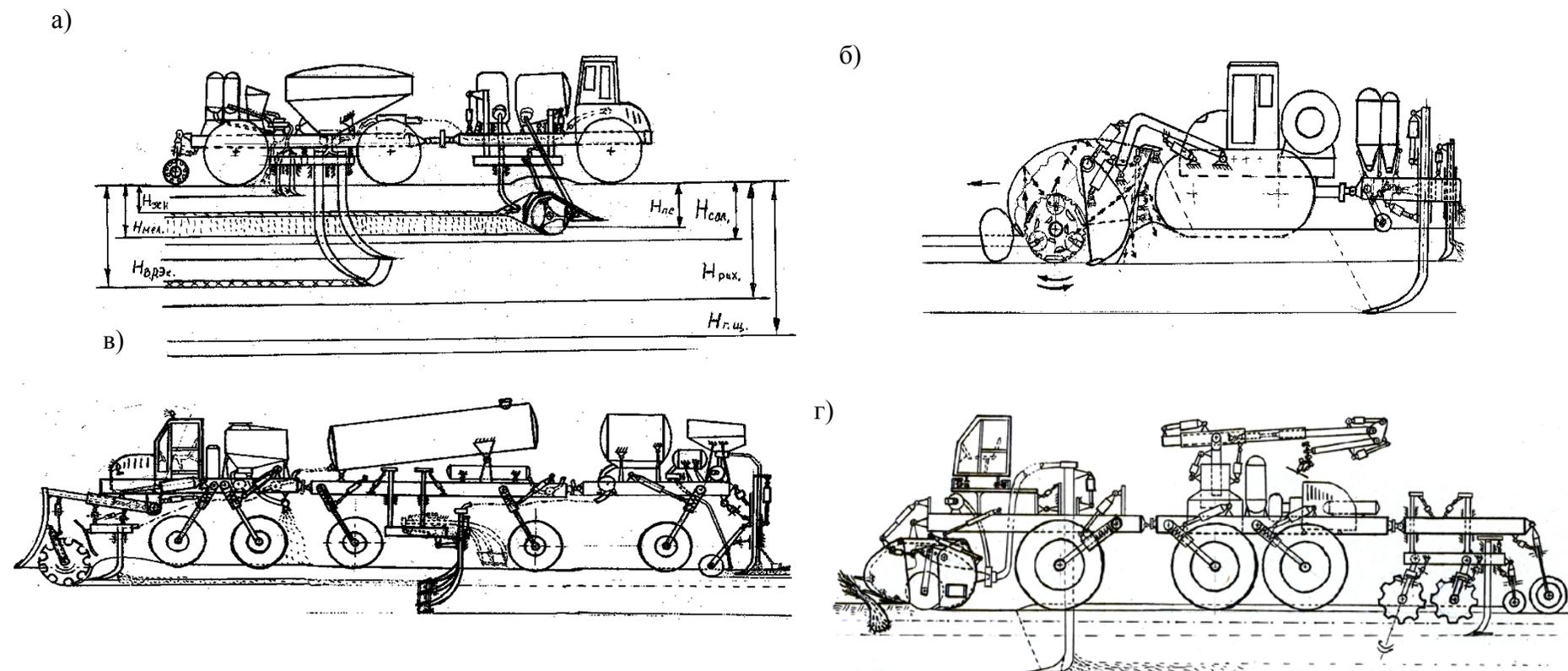
На основании исследований ВНИИГиМ определены основные показатели комбинированных агрегатов, рекомендуемых к использованию в ресурсосберегающих технологиях в качестве ведущих машин. Новизна приёмов и способов производства работ этими машинами защищена рядом патентов на изобретения [4, 7] и др.

Предлагаемые технические средства в качестве ведущих машин в новых технологиях (табл. 2) позволяют сократить многопроходность, обеспечивают адресное внесение мелиоранта, производят подпокровную обработку и бинарный высев семян [3]. Вспомогательные технические средства в рекомендуемых технологиях (рис. 2) позволяют проводить диагностику состояния сельскохозяйственного угодья. Система Лидар на беспилотном летательном аппарате, позволяет уточнять границы пятен солонцов, кустарника, вымочек, выявлять места повреждения на мелиоративной сети. Система сонар – определяет глубины переходов солонцовых слоев, и обеспечивают подготовку программы для управляющей системы агрегата, включающей подачу мелиоранта и регулирующей глубину обработки. Существующие на рынке России погрузочные и транспортные средства включаются в комплекс машин для доставки и загрузки технологического материала.

Применение новых технологий и ведущих машин позволит освоить богарные деградированные земли с переводом в высокопродуктивные пастбища, а также обеспечить экономию воды за счет накопления запасов атмосферных осадков и создания в подпокровном слое прослойки, сокращающей транспирацию воды с поверхности почвы [9] на лугах и пашне.

Таблица 2 – Техничко-экономические показатели процессов и значения прогнозных параметров новых ведущих машин, обрабатывающих почву с солонцовыми комплексами

Категория ТС	Показатели процессов и параметры агрегатов для их осуществления					
Вид объекта	Обработка богарных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,05...0,18 м		Обработка богарных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,09...0,25 м и более м		Обработка богарных и поливных земель с надсолонцовым слоем почвы 0,02...0,1 м	
Наименование ТС	Комбинированное почвообрабатывающее орудие для лугов и пастбищ	Комбинированный агрегат ярусной обработки засоленных земель с подсевом семян	Комбинированный агрегат для биомелиорации почв с расклевыванием и подсевом семян	Машина для комплексной обработки солонцовых почв	Комбинированное модульное орудие комплексной обработки солонцовых почв	Луговой многофункциональный кочкорез
Предварительные марки ТС	КОСЛ-6-0,8	КАСК-6,1-0,65	КАБДП-5,4-0,75	МКСП-6-0,65	КМОСК-4-0,45	ЛКСК-3,5-0,75
Затраты на машино-час, Со, руб\ч	3545,42	3464,47	4044,13	4009,44	3386,19	3447,07
Уд.затраты на производство работ, Се, руб/га	909,08	873,76	674,69	715,33	705,46	1515,19
Стоимость машины, Смаш, тыс. руб	10178,00	9732,80	14422,80	14232,00	11492,3	9637,4
Производительность, W, га/ч	3,9	4,0	5,994	5,605	4,8	2,3
Мощность, N0, кВт	205,00	205,00	180,00	180,00	161,90	205,00
Область применения с рекомендуемыми ТС	<sup>+,+++</sup> Лугостепные каштановые, комплексы солонца 10...25 %	<sup>+,+++</sup> Луговые; черноземные, каштановые, комплексы солонца 5...25 %	<sup>+,+,+++</sup> Луговые бурые; каштановые, комплексы солонца 15...25 %	<sup>+,+,+++</sup> Сухостепные черноземные, комплексы солонца 10...20 %	<sup>+,+++</sup> Лугостепные, луговые; черноземные, комплексы солонца 10...20%	<sup>+,+++</sup> Сухостепные, луговые; каштановые, бурые, комплексы солонца до 15 %
<b>Примечание</b> – тип солонцов: + автоморфные, ++ полугидроморфные, +++ гидроморфные						



а) – Комбинированный агрегат биомелиорации деградированных почв с рассолоением и подсевом семян, Патент РФ на изобретение №2619449;

б)- Машина для комплексной обработки солонцовых почв, Патент РФ на пол. Модель №156195;

в) – Комбинированный агрегат ярусной обработки засоленных земель с подсевом семян, Патент РФ на изобретение №2618097;

г) – Кочкорез, Патент РФ на изобретение №2567516.

Рисунок 1- Схемы предлагаемых новых ведущих машин, обрабатывающих почву с солонцовыми комплексами

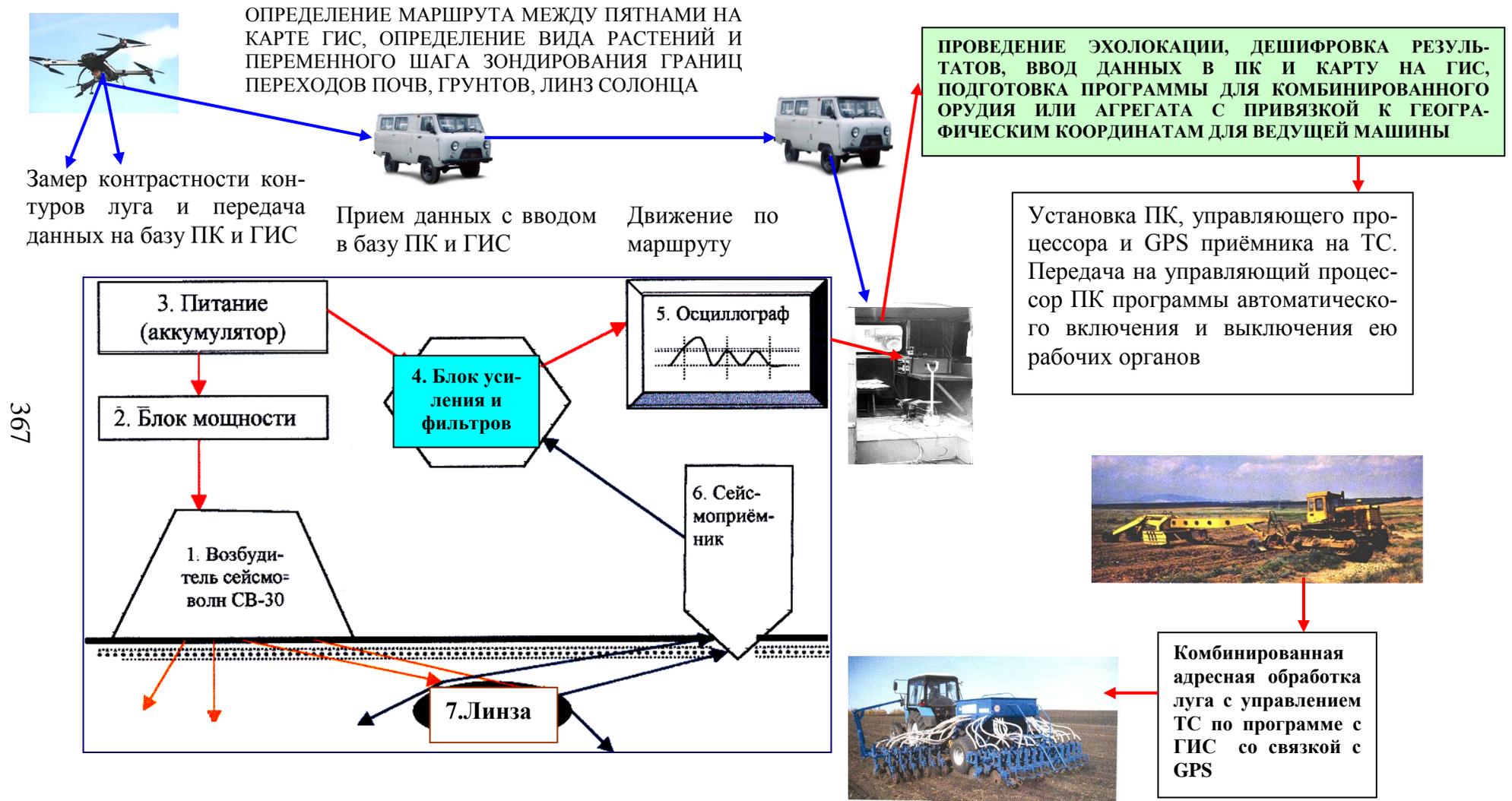


Рисунок 2- Блок-схема вспомогательных технических средств в рекомендуемых технологиях для предварительного измерения и подготовки программ обработки почвы с солонцовыми комплексами

### **Список использованных источников**

1. Гордеев А.В., Романенко Г.А. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России. -М.: Росинформагротех, 2008 г.- 67 с.
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2016 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. -196 с.
3. Заявка 2016131887 Российская Федерация, МКП<sup>6</sup> А 01В 79/00. Способ комбинированной обработки солонцовых комплексов богарных земель/ Пунинский В.С., Кизяев Б.М., Мартынова Н.Б.; заявитель ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»; заявл. 03.08.16; опубл. 10.12.16, Бюл. №34.-2с.
4. Заявка 2016131887 Российская Федерация, МКП<sup>6</sup> А 01В 79/00. Способ биомелиорации деградированных богарных земель/ Пунинский В.С., Кизяев Б.М.; заявитель ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»; заявл. 03.08.16; опубл. 27.11.16, Бюл. №33.-2с.
5. Маньлов И.Е. [и др.] Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения на 29.12.2014 г., Минсельхоз России,- М.: Департамент земельной политики, имущественных отношений и госсобственности, 2014, 220 с. (Электронный ресурс – [WWW.mcx.ru/doklad\\_2014](http://WWW.mcx.ru/doklad_2014)).
6. Михалёв А.А. Мелиоративное состояние орошаемых и осушенных сельскохозяйственных угодий и техническое состояние оросительных и осушительных систем по состоянию на 01.01.2006 г., Федеральное агентство по сельскому хозяйству, - М: Управление мелиорации и технического обеспечения, 2006, 48 с.
7. Пат. 2589224 Российская Федерация, МКП<sup>6</sup> А 01В 79/02, А 01В 13/14, С 09К 101/00. Способ биомелиорации богарных земель с подпочвенным слоем солонца/ Пунинский В.С.; заявитель и патентообладатель Пунинский В.С - №2015118608/13, заявл. 19.05.15; опубл. 10.07.16, Бюл. №19.-11с.
8. Петриков А.В. [и др.] Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения на 21.10. 2011 г., Минсельхоз России,- М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2011, 145 с.
9. Рекомендации по биологической мелиорации деградированных сельскохозяйственных угодий/ Ю.С. Пунинский, Б.М. Кизяев, В.Г. Федоров, В.С. Пунинский, В.Ю. Пунинский; под ред. Ю.С. Пунинского. -М.: Изд-во ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова,1999. -29с.  
Отчет о реализации I этапа (2014-2016 годы) федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы». - М.: ФГБНУ «Росинформ агротех», 2017.- 80 с.

УДК 502/504 631.311.5

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЫХЛИТЕЛЯ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

**Н.К. Теловов, Х.А. Абдулмажидов**

ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Почвы России характеризуются большим разнообразием по составу и, как следствие, способам их обработки. Даже внутри административных районов выделяются участки с урожайностью близкой к максимально возможной, и имеются участки земли, необрабатываемые в течение последних 10-15 лет. За 15 лет из 11 млн. человек, которые имеют свидетельство о праве собственности на землю, только четверть получила землю реально. По данным МСХ более 40% сельскохозяйственных земель, бывших ранее в обороте, не обрабатывается.

Более низкие (глубже 0,3...0,35 м) горизонты почв не получают необходимого воздействия во время обычной сельскохозяйственной обработки. Учитывая, что многие сельскохозяйственные культуры имеют корневую систему на больших глубинах, чем обычная обработка почвы, можно сделать вывод о том, что требуется применение специальных мероприятий. К таким мероприятиям относится глубокое рыхление. Глубина рыхления почв при такой обработке может достигать 1,2 метра [1]. Многочисленными исследованиями установлено, что в процессе эксплуатации угодий наблюдается снижение их продуктивности в результате образования различного рода уплотнений почвенного профиля, нарушений его водно-воздушного и теплового режимов (рис. 1).

Если подготовленные почвы в пахотном горизонте имеют структуру, оптимальную для развития растений, то почвы ранее не обрабатываемые (подлежащие восстановлению) имеют высокую засоренность - до 1-2 кустарников на 1 м<sup>2</sup> с глубиной проникновения корневой системы свыше 1 м.

Почвы заброшенных сельскохозяйственных земель при движении сельскохозяйственной, строительной тяжело нагруженной техники, личного транспорта, подвергаются дополнительному переуплотнению.

При культивации, дисковании, лущении, отвальной и плоскорезной обработке и других операциях происходит дополнительное уплотнение почвы (рис. 2) движителями обрабатывающих агрегатов [2]. В почвах для оптимального роста растений объем содержания воздуха должен составлять не менее 20% от общего объема, иначе растения будут слабо развиваться. Корневая система культурного растения, «натолкнувшись» на уплотнение подпахотного горизонта, не сможет воспользоваться влагой из подпочвенного горизонта.

При сельскохозяйственном использовании земель, особенно переувлажненных тяжелых почв, широко распространенных в зонах избыточного и неустойчивого увлажнения, имеет место их довольно интенсивная деградация, чтобы это не происходило, их необходимо каждые 3-4 года обрабатывать глубокорыхлителями.

Глубокорыхлитель предназначен для рыхления почвы на глубину 0,5...0,60 м, что позволяет разрушить подпахотный уплотненный слой. Безотвальные технологии глубокого рыхления почв применяются на склонах и паровых полях для предпосевной обработки стерневых и мульчированных агрофонов, заплывших почв, а также для обработки залежных земель и кормовых угодий, виноградников и садов. Здесь предлагается применять глубокорыхлитель с ножами U-образного типа с периодичностью обработки один раз в 3-4 года [5]. Такой способ дает возможность уже в первый год после рыхления получать дополнительный урожай. В этом смысле данный способ рыхления следует рассматривать как эксплуатационное (периодическое) мероприятие.

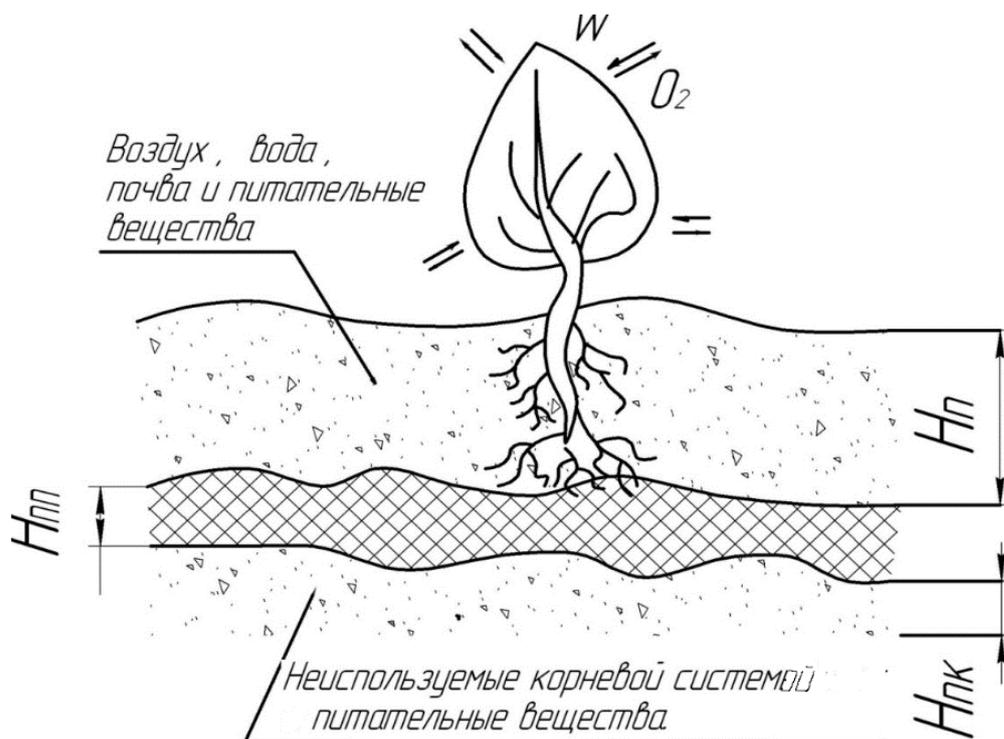


Рисунок 1 - Схема влияния уплотненного слоя на водно-воздушный режим:  
 $H_{п}$  – глубина естественного слоя почвы,  $H_{пл}$  – высота уплотненного слоя почвы «плужная подошва»,  $H_{пк}$  – естественный слой почвы под уплотненным слоем

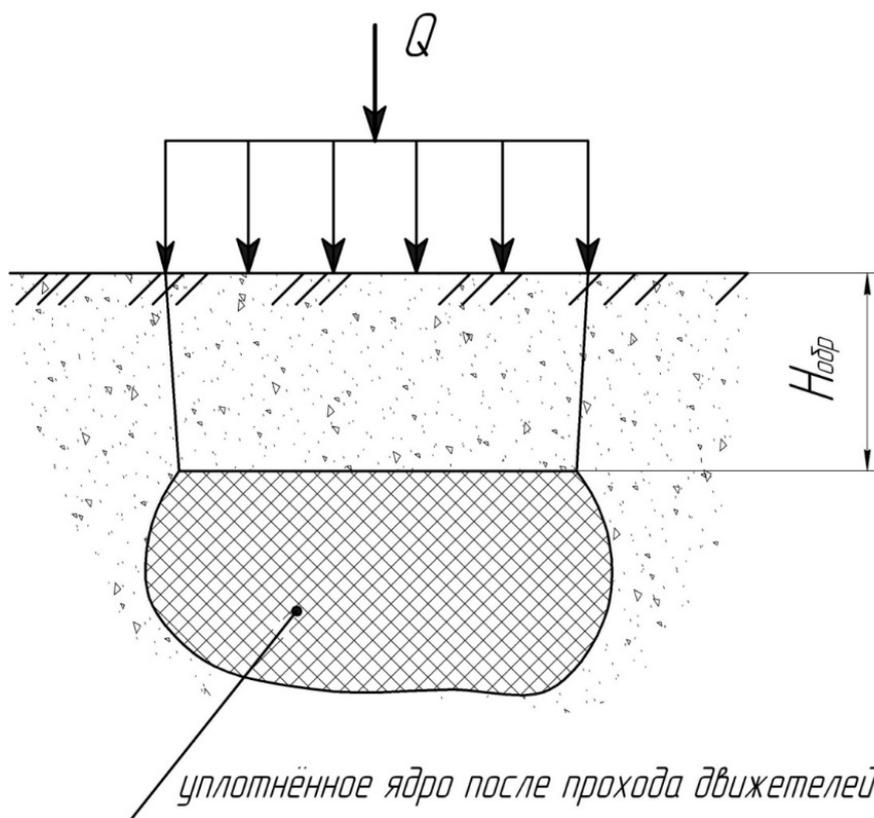


Рисунок 2 - Образование уплотнения почвы после прохода машин

Особой проблемой, возникающей при решении вопроса о проведении глубокого рыхления, является разрушение так называемой «плужной подошвы». Слой «плужной подошвы» расположен на глубине 0,25...0,30 м от поверхности, его мощность составляет примерно 0,10...0,15 м. Это вызывает необходимость рыхления на глубину до 0,30...0,5 м. Таким требованиям вполне удовлетворяет рабочий орган двухступенчатого типа (рис. 3).

Выбор времени для глубокой обработки уплотнённых почв определяется ротацией культур. Вместе с тем лучше, чтобы глубокая обработка проводилась осенью после уборки урожая и до наступления сезона дождей для аккумуляции влаги. При этом следует учитывать, что на тяговое сопротивление орудия для глубокой обработки значительное влияние оказывает плотность и влажность почвы. По показаниям плотномера можно измерить плотность почвы и определить необходимость глубокого рыхления [6].

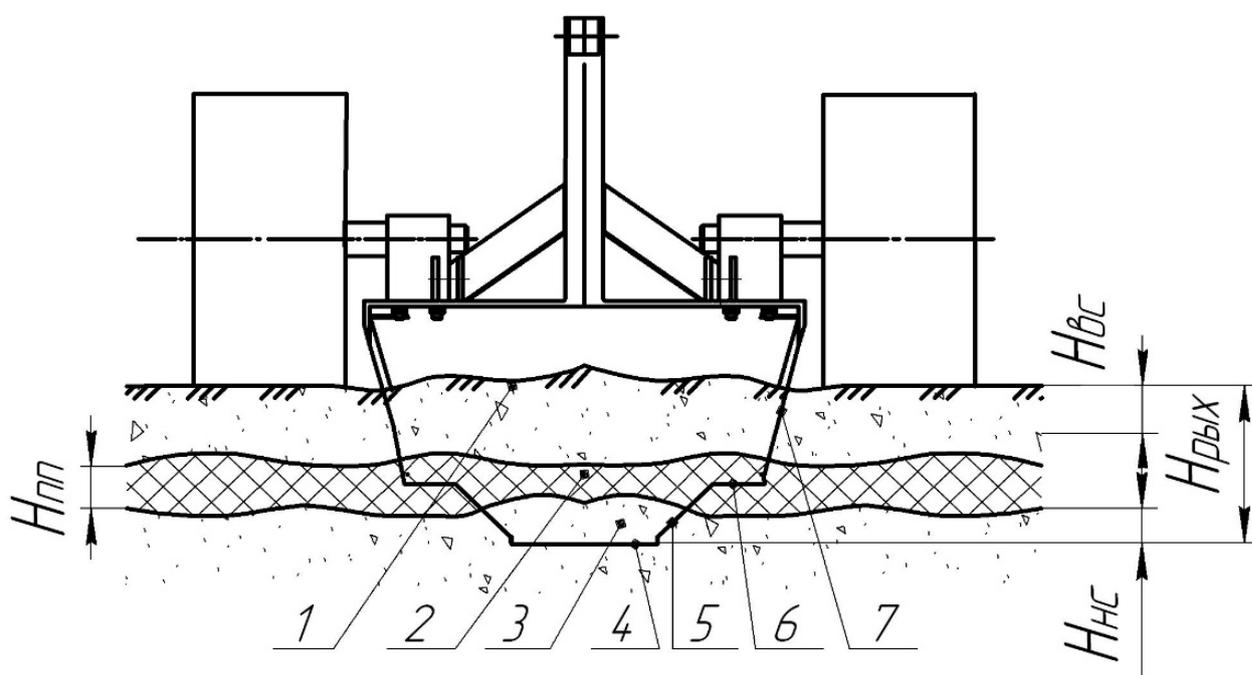


Рисунок 3 - Схема расположения слоев почво-грунтов в разрезе и вид спереди двухступенчатого объемного глубокорыхлителя:

1 – верхний слой почво-грунта обрабатываемый сельхозмашинами; 2 – грунт уплотненный длительным действием сельскохозяйственных агрегатов; 3 - нижний естественный слой почво-грунта; 4 - нижний режущий лемех; 5 - нижние боковые режущие стойки; 6 – верхние горизонтальные режущие лемеха; 7- верхние боковые режущие стойки

К основным параметрам предлагаемого двухступенчатого рабочего органа можно отнести: углы резания нижней  $\alpha_1$  и верхней  $\alpha_2$  ступеней; углы наклона ( $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ ) и углы разворота вертикальных стоек нижней и верхней ступеней ( $\beta_1$  и  $\beta_2$ ), углы резания вертикальных стоек ( $\delta_1$  и  $\delta_2$ ), ширину лемехов нижней и верхних ступеней ( $b_1$  и  $b_2$ ). Влияние этих параметров на тяговое усилие и процесс рыхления практически не изучено.

Для экспериментов было изготовлено несколько физических моделей глубокорыхлителя в масштабе 1:2,5. Исследование физических моделей проводилось с тремя моделями на грунтовом канале в лаборатории мелиоративных машин Московского Государственного Университета Природообустройства.

Анализ двумерных сечений полученных усилий для рабочих органов с различными углами установки режущих элементов позволил выявить рациональную форму и параметры рабочего органа. При этом приняты рабочие диапазоны углов резания вертикальных стоек относительно оси продольного движения, *град.*, для нижней ступени: 1)  $\delta_1 = 10...15$ , 2)  $\delta_1 = 25...55$  и 3)  $\delta_1 = 20...25$ . Соответственно для верхней ступени: 1)  $\delta_2 = 10...15$ , 2)  $\delta_2 = 20...25$  и 3)  $\delta_2 = 15...20$ . Углы разворота вертикальных стоек относительно оси продольного движения, *град.*, для нижней ступени: 1)  $\beta_1 = 3...5$ , 2)  $\beta_1 = 10...12$  и 3)  $\beta_1 = 5...7$ , для верхней ступени 1)  $\beta_2 = 2...3$ , 2)  $\beta_2 = 5...8$  и 3)  $\beta_2 = 3...5$  и другие параметры тоже изменялись кроме ширины лемеха.

Для оценки указанных выше параметров были проведены экспериментальные исследования этих моделей рыхлителей. В качестве параметров оптимизации были приняты два показателя: тяговое сопротивление движению рабочего органа рыхлителя  $F_c$  и качество рыхления  $K_{рых}$ , которое оценивалось на первом этапе по величине вспученности пласта разрыхляемого грунта вдоль центральной продольной оси [7].

Исследования были проведены по схеме полного многофакторного эксперимента. В качестве переменных факторов были приняты глубина рыхления, плотность и влажность почвы.

Проведение исследования «классическим способом» – изменение одного фактора при постоянстве остальных [3] требует большого числа опытов, что занимает много времени и малоэффективно. В ряде случаев указанный способ не только затрудняет отыскание оптимальных параметров, но и не позволяет, в общем, решить задачу. Используя теорию планирования эксперимента, можно построить математические модели, связывающие исследуемый параметр со всеми влияющими на него факторами [4].

Предположим, что в рассматриваемой сложной системе существует функциональная связь между параметрами рабочих органов или их моделей и действующими силами. Тогда в общем виде математическое описание процесса представляется зависимостью:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n), \quad (1)$$

где:  $Y$  – зависимая переменная (функция) отклика;  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  – независимые переменные. Полным факторным экспериментом (ПФЭ) называют такой эксперимент, в котором реализуются все возможные комбинации уровней всех факторов. Принимаются следующие обозначения:  $X_i^-$ ,  $X_i^+$  и  $X_{i0}$  – соответственно нижний, верхний и базовый уровни;  $\Delta X_i$  – интервал варьирования.

При планировании эксперимента [3] проводится преобразование размерных управляемых независимых факторов  $X$  в безразмерные, нормированные:

$$Z_i = (X_i - X_{i0}) / \Delta X_i. \quad (2)$$

В этом случае в относительных единицах  $Z_i^+ = +1$ ,  $Z_i^- = -1$  независимо от физической природы факторов, значений базовых уровней  $X_{i0}$  и интервалов варьирования факторов  $\Delta X_i$ . В матрицах обычно ставят знак “+” или “-”, опуская единицу. Матрица планирования полного трехфакторного эксперимента представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Матрица планирования ПФЭ при  $m = 3$

№	$X_0$	$X_1$ глубина	$X_2$ влажность	$X_3$ плотность	$X_1X_2$	$X_1X_3$	$X_2X_3$	$X_1X_2$ $X_3$	Y
1	+	-	-	-	+	+	+	-	$Y_1$
2	+	+	-	-	-	-	+	+	$Y_2$
3	+	-	+	-	-	+	-	+	$Y_3$
4	+	+	+	-	+	-	-	-	$Y_4$
5	+	-	-	+	+	-	-	+	$Y_5$
6	+	+	-	+	-	+	-	-	$Y_6$
7	+	-	+	+	-	-	+	-	$Y_7$
8	+	+	+	+	+	+	+	+	$Y_8$

На основе проведенных экспериментов и экспертных оценок параметров двухступенчатого глубокорыхлителя окончательно рекомендуется принять следующими оптимальные параметры рыхлителя, при которых достигается минимальное тяговое усилие (табл. 2) [9].

Таблица 2 - Рекомендуемые основные параметры рабочего органа двухступенчатого объемного глубокорыхлителя

Наименование параметра	Значение параметров	
	Для нижней ступени	Для верхней ступени
Угол резания лемеха, град.	$\alpha_1 = 30...35$	$\alpha_2 = 20...25$
Углы резания вертикальных стоек относительно оси продольного движения, град.	$\delta_1 = 20...25$	$\delta_2 = 15...20$
Углы разворота вертикальных стоек относительно оси продольного движения, град.	$\beta_1 = 5...7$	$\beta_2 = 3...5$
Углы наклона боковых стоек к вертикали, град.	$\gamma_1 = 40...45$	$\gamma_2 = 35...40$
Ширина лемеха, м	$b_1 = 0,2...0,3$	$b_2 = 0,15...0,20$

Так как изменения выходной величины (отклика) носят случайный характер, то в каждой точке приходится проводить  $Z$  параллельных опытов и по результатам наблюдений  $Y_{i1}, Y_{i2}, Y_{i3}, \dots, Y_{iz}$  находить среднее значение  $Y_{icp}$  (обычно  $Z \geq 3$ ). С целью исключения систематических ошибок, вызываемых

неконтролируемыми переменными, опыты рандомизируют во времени с помощью таблицы случайных чисел (вводится случайность в последовательности их выполнения). Результаты опытов записываются в матрицу. В процессе экспериментальных исследования определены величины тяговых сопротивлений при работе модели рыхлителя, далее их значения пересчитаны на рабочий орган в натуральную величину с использованием теории физического моделирования. Причем замечено, что величины тяговых сопротивлений в определенной степени увеличиваются в момент взаимодействия лемеха с плужной подошвой.

По основным технико-эксплуатационным параметрам глубокорыхлители удовлетворительно агрегируются с основными отечественными тракторами:

- одномодульный глубокорыхлитель (типа ГР-0,5.1) - с тракторами тяговых классов 3, (ДТ-75, Т-70В и Т-70С);
- двухмодульный глубокорыхлитель (типа ГР-0,5.2) с тракторами тяговых классов 5-7, (гусеничные Т-4А, Т-150, колесный РТУ-160 и К-702);
- трехмодульный глубокорыхлитель (типа ГР-05.3) – с трактором тягового класса 10, (Т-170).

Двухступенчатый объёмный глубокорыхлитель рекомендуется использовать для рыхления в основном «плужной подошвы» при агрегатировании с тракторами класса 1,4...10. В зависимости от класса трактора навесное рабочее оборудование может включать один или три рабочих органа (модуля), расположенных в шахматном порядке (два спереди, один сзади) [10].

Рабочий орган содержит элементы новизны, а авторами получен патент на изобретение [2]. Рабочий орган глубокорыхлителя, состоящий из рамы, вертикальных наклонных и горизонтальных ножей, двойных передних регулируемых металлических колес, нанесенных на режущие кромки износостойких и твердых покрытий, выполняет глубокую обработку почвы, облегчает последующую подготовку почвы к посеву и способствует развитию корневой системы выращиваемых культур.

#### **Список использованных источников**

1. Черненко В.Я. Глубокое рыхление осушаемых тяжелых почв. В.Я. Черненко, Ш.И.Брусилковский. М. Колос. 1983 – 63 с.
2. Теловов Н.К., Ревин Ю.Г., Казаков В.С. Патент RU 2150183 С1, от 30.04.99. МПК 7 А 01 В 13/08, 13/16
3. Насыров Н.К. Руководство по мелиорации почвенного профиля при комплексной реконструкции оросительных систем (на примере Яванской долины) МИИСП им. В. П. Горячкина. Н.К. Насыров, В.С. Казаков. Тверь.1990-68с.
4. Ревин Ю.Г. Практикум по мелиоративным машинам. Ю.Г. Ревин и др. –М. Колос 1995 -204с.
5. Казаков В.С. Рекомендации по технологии регулирования водно-солевого режима тяжелых почв на рисовых системах Кызыл - Ордынской области. МИИСП им. В.П. Горячкина; МГМИ им. А.Н. Костякова. В.С. Казаков, В.П. Максименко, С. И. Умирзакова, М. 1989-67с.
6. Теловов Н.К., Ревин Ю.Г., Казаков В.С. Патент RU 2150183 С1, от 30.04.99. МПК 7 А 01 В 13/08, 13/16
7. Теловов Н.К. Внедрение технологии возделывания пропашных культур с выполнением мелиоративных мероприятий. Международная научно-практическая конференция «Роль ме-

лиорации и водного хозяйства в реализации национальных проектов» (22-24 апреля 2008 г.). М. 2008.

8. Теловов Н.К. Сравнительные характеристики глубокорыхлителей, применяемых в аридной зоне РФ. Международная научно-практическая конференция «Роль мелиорации и водного хозяйства в реализации национальных проектов» (22-24 апреля 2008г.) М.2008 г.

9. Теловов Н.К. Обоснование основных параметров агрегата глубокорыхлителя при восстановлении почвы. Международная научно-практическая конференция «Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства» (12-14 апреля 2010 г.). М. 2010.

Теловов Н.К., Шмонин В.А., Абдулмажидов Х.А. Комбинированное орудие для глубокого рыхления почв. Материалы Международной научной конференции, посвященной 90-летию создания ВНИИГиМ. (г. Москва) 26-27 ноября 2014 г.

УДК 631.614

## **ОЦЕНКА ПЛОЩАДЕЙ ДЕГРАДАЦИЙ ПО АЭРОКОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ ФРАКТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ**

**И.В. Цветков А.Н. Насонов, Г.Х. Бедретдинов, И.М. Жогин**  
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Обработка изображений является в настоящее время одной из стержневых проблем в вопросе исследований Земли из космоса. В этой области особое внимание уделяется проблеме изучения дешифровочных признаков природных образований и автоматизации процессов дешифрования.

Для дешифрования снимков используют специальные методы и дополнительные данные, полученные из различных источников — карт, отчетов о полевых исследованиях и ранее полученных результатов анализа снимков той же территории. Дешифрование основывается на определенных физических характеристиках объектов, а его результаты зависят от опыта оператора, типа распознаваемого объекта и качества снимков. В общем виде дешифрование определяют, как процесс изучения снимков с целью идентификации объектов и оценки их значимости.

Методы распознавания природных текстур формализованы еще довольно слабо. Отсутствует четкий критерий однозначной идентификации изображению на снимке реального природного объекта. На роль подобного критерия предлагался в частности цвет объекта на снимке. Он хорошо выделяется, процесс обработки изображения по цветовому критерию хорошо подходит для машинной обработки. Но к недостаткам этого метода относится его преимущественное использование для однородных объектов. Хорошие результаты с применением этого метода получены при идентификации полей, засеянных различными культурами. Так для кукурузных полей точность определения получилась около 90% [1]. В то время как сложные природные объекты, такие как лес, кустарник идентифицироваться подобным образом не могут. Общим недостатком всех современных методов идентификации природных объектов является либо то, что объект расчленяется на элементарные составляющие, либо происходит усреднение свойств объекта.

Фрактальный метод идентификации и анализа природного объекта позволяет учитывать не только отдельные элементы текстуры его изображения, но и позволяет анализировать объект как единое целое [1].

Фрактальные методы являются принципиально новыми при обработке сигналов и изображений. В основе методов фрактального анализа лежит концепция статистического самоподобия цветных текстур природного происхождения в широком диапазоне масштабов [3].

Фрактальная размерность представляет собой характеристику сложности поверхности: меньшим значениям размера фрактала соответствуют гладкие поверхности, а большим - сложные, изрезанные поверхности.

К настоящему времени уже существуют работы, посвященные фрактальной структуре ландшафтов [5, 6, 7], в которых констатируется соответствие между природой ландшафтного образования и его фрактальными параметрами.

Ранее нами была показана применимость фрактальных методов к идентификации природных и антропогенных объектов на аэрокосмических снимках. По характеру текстуры объекты выделяются на общем фоне и, соответственно, фрактальные параметры таких объектов также существенно отличаются. Причем в границах самого объекта фрактальные параметры обычно варьируются в достаточно узком диапазоне. Используя это свойство можно выделять границы объектов, определять их площадь и контролировать динамику происходящих процессов.

Алгоритм определения площади основан на выделении границ объектов методом огибающих – машинного повторения контура, выделяющегося на снимке образования. Перед началом измерений проводится подготовительные работы по обучению системы на основе аэрофотоснимков заранее известных объектов, характерных для данной местности.

После подготовительных работ аэрофотоснимок нормируется по яркости и контрастности и переводится в трехцветный режим с разрешением 256 бит на цветовой канал (RGB формат). Затем снимок разбивается на прямоугольные участки сеткой с шагом 10% от его размера, характерного для сельскохозяйственных или природных объектов. Далее, в зависимости от максимального размера снимка, для каждого прямоугольника определяется фрактальная размерность.

На следующем этапе выделяются участки с достаточно большим отклонением фрактальной размерности от среднего по снимку. Координаты таких участков заносятся в базу данных. Выделенные участки и 8 его окружающих (рис. 1) отбираются для дальнейшего изучения.

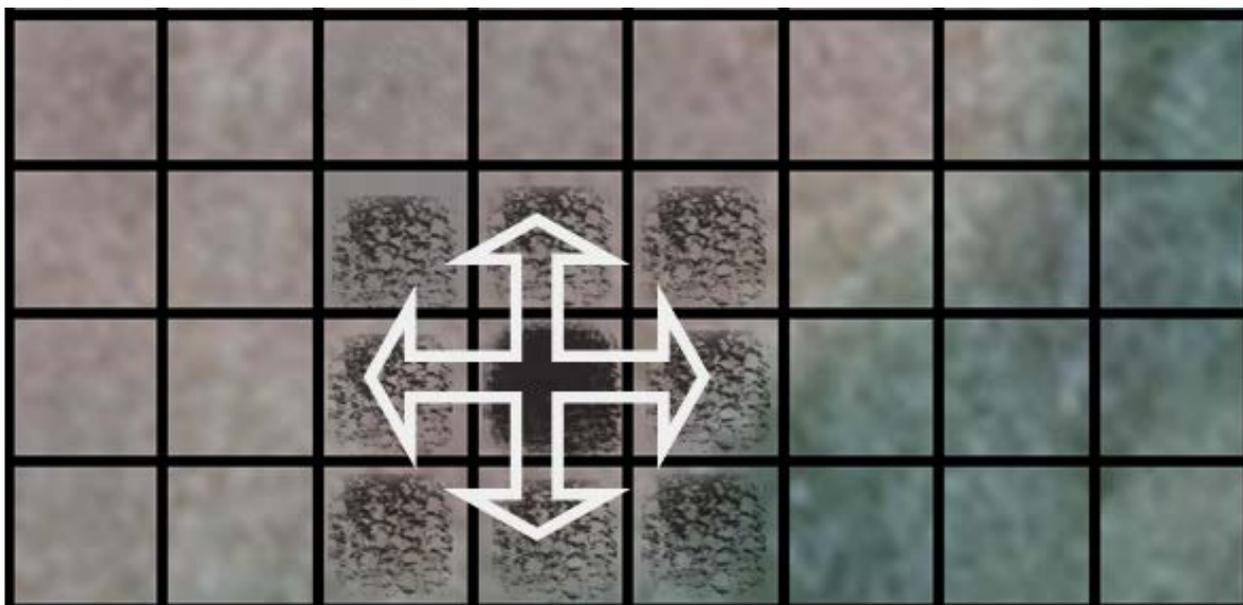


Рисунок 1- Выбор соседствующих ячеек для анализа

Каждый из отобранных участков в свою очередь разбивается на прямоугольники с шагом в 20% от величины данного участка. Значения коэффициентов первичного и последующих разбиений подбираются исходя из наиболее уверенной идентификации объектов, но для различных серий снимков могут варьироваться.

Для каждого уменьшенного участка определяется фрактальная размерность текстуры, значения которой затем сравнивается с эталонной величиной, характерной для данного объекта.

Участки с размерностью, близкой к эталонной величине (в пределах 10 – 15%), формируют контуры исследуемых объектов и отбираются для дальнейшего анализа.

Точное определение границ производится по выделенным участкам контура объекта с прилегающими восьмью клетками (рис.2). Выделенные и прилегающие участки также разбиваются на клетки в соотношении 10% от первоначального размера, и производится анализ их фрактальной размерности. Процедура повторяется рекурсивно до тех пор, пока не будет достигнут заранее заданный минимальный размер клетки. Определение фрактальной размерности в клетке, с размером меньше минимально заданного, ограничивается разрешением, зернистостью и масштабом аэрофотоснимка, дает не точные результаты и не целесообразно.

Последующее соединение выделенных клеток с однородной фрактальной размерностью позволяет получить замкнутый контур огибающей линии объекта и неоднородных включений внутри него. Характер включений может устанавливаться автоматически или визуально. Площадь объекта определяется как сумма площадей клеток, попавших в контур огибающей линии. Аналогично устанавливается и площадь включений.

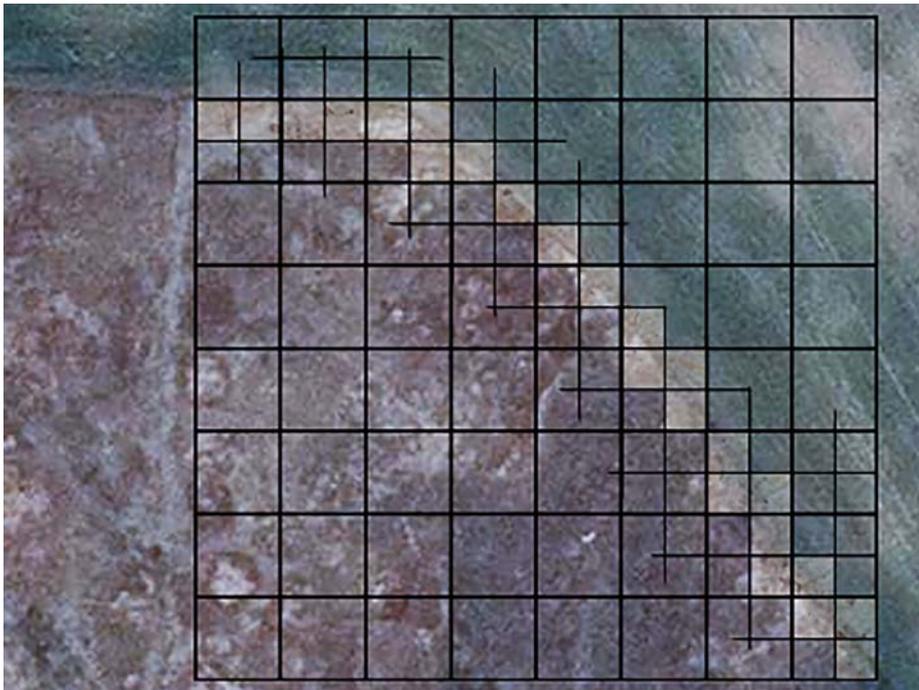


Рисунок 2 - Выделение границы солонцового образования

В качестве примера по разработанному алгоритму определен контур солонцового образования на сельскохозяйственном поле (рис.3). Возможность выделения включений внутри контура объекта позволяет оценивать эффективность проведения мелиоративных мероприятий по сокращению площади солонцовых пятен.

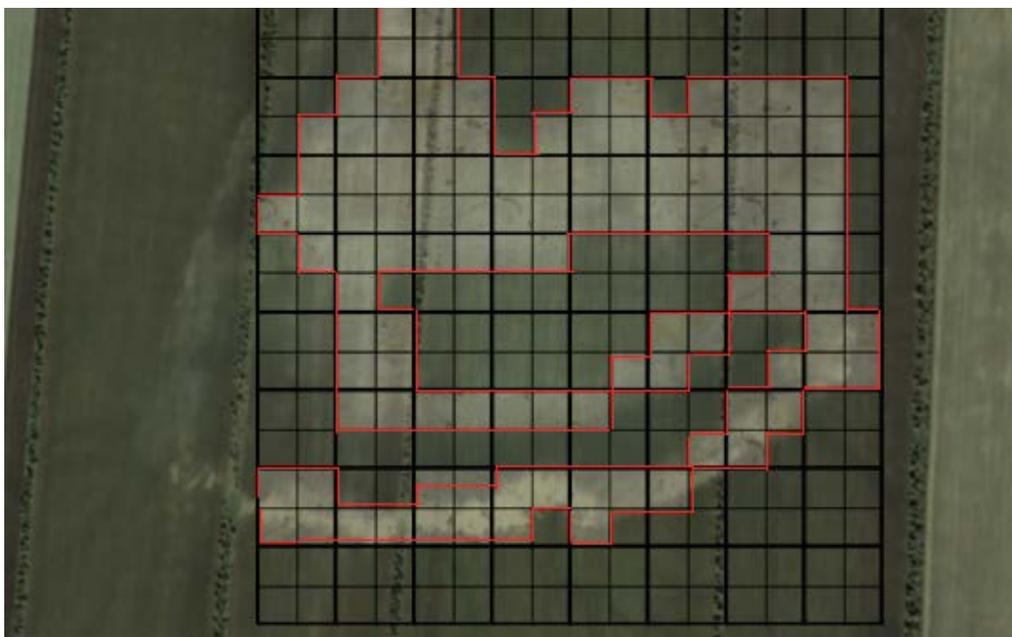


Рисунок 3 - Геометрическая форма и площадь солонцового образования на сельскохозяйственном поле

Разработанный алгоритм может быть использован для определения площадей деградаций и объемов культуртехнических работ по восстановлению

мелиорируемых земель с целью возвращения их в сельскохозяйственный оборот.

#### **Список использованных источников**

1. Крылов С.С., Бобров Н.Ю. Фракталы в геофизике: Учеб. пособие. -СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2004. 138 с.
2. Heck J.T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. Freeman. N.Y. 1971. P.213-245/
3. Turcotte D.L. «Fractals and chaos in geology and geophysics». Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
4. W. Zahn, A. Zösch: Characterization of thin film surfaces by fractal geometry. FreseniusAnalyticalChem (1997) 358: 119-121
5. Тищенко А.П., Цветков И.В. Фрактальная размерность текстур природных объектов и их идентификация методами фрактального анализа. // Моделирование сложных систем. Выпуск 1. Тверь 1998. С. 156- 161.
6. Бедретдинов Г.Х., Цветков И.В., Насонов А.Н., Жогин И.М. Определение объемов культуртехнических работ на деградированных землях фрактальным методом // В сборнике: Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 7-11.
7. Кудинов А.Н., Лебедева Н.Н., Пирогов Ю.А., Тищенко А.П., Цветков И.В. Создание ГИС для геофизического полигона «Главный водораздел русской равнины» // Труды всероссийской конференции «Физические проблемы экологии», 1997, Изд-во МГУ. С. 43.
8. Лебедева Н.Н., Тищенко А.П., Цветков И.В. Применение методов фрактального анализа к малым рекам Русской равнины // Труды всероссийской конференции. «Физические проблемы экологии», Изд-во МГУ. С. 60.
9. Тищенко А.П., Цветков И.В. Fractal analyses of River Systeman Tverarea// Труды международной конференции «Modern Trends in Computational Physics.» 1998. Дубна. С. 128.

УДК 631.95:005.584.1

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЫХЛЕНИЯ ГРУНТА МЕТОДОМ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА**

**Цветков И.В.<sup>2</sup>, Насонов А.Н.<sup>2</sup>, Макаров А.А.<sup>1</sup>, Жогин И.М.<sup>1</sup>, Абдужаббаров Х.А.<sup>2</sup>, Камалов М.М.<sup>2</sup>, Леонтьев Ю. П.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «РГАУ - МСХА имени К.А.Тимирязева», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

К настоящему времени существует достаточно обширный мировой опыт применения глубокого рыхления. Международный опыт показывает, что самыми распространенными являются рыхлители с пассивными рабочими органами. Их преимуществом является то, что они просты в конструкции и надежны в работе. Недостатком данных машин является высокая энергоемкость: на обработку 1 гектара площади необходимо затратить до 40 литров топлива. Кроме того наблюдается неравномерное разрыхление по обрабатываемому объему грунта. На дне образуется грунт нарушенной структуры, по мере уменьшения глубины происходит увеличение размеров структурных агрегатов и на поверхности образуются глыбы недопустимых размеров, требующие дополнительного измельчения. Поэтому первоочередной задачей является совершенствование кон-

струкций рыхлительных рабочих органов с целью снижения их энергоемкости, повышения равномерности и степени разрыхления.

Достаточно давно высказываются предположения о фрактальной структуре грунтов. В целом можно отметить, что грунт состоит из малых агрегатов, объединенных в более крупные, которые в свою очередь соединены в еще более крупные агрегаты. Про то, что поры грунта имеют самоподобную, фрактальную структуру упоминается в достаточно большом количестве работ. Методы фрактального анализа, в частности, применяются при моделировании проникновения различных жидкостей через грунт. В процессе рыхления грунта меняется его структура, следовательно, пропорционально изменению степени рыхления меняются фрактальные показатели грунта.

Понятие фрактала было введено Бенуа Мандельбротом в 1975 году. Термин «фрактал» происходит от латинского *fractus*, прилагательного от глагола *frangere* – ломать, разбивать на части. То есть фрактал можно определить как множество, части которого подобны целому [1]. Фракталы позволяют чрезвычайно компактно описывать объекты и природные процессы. Многие структуры обладают свойством геометрической регулярности, известной как масштабная инвариантность или самоподобие. Другими словами, при рассмотрении объектов в различном масштабе, постоянно обнаруживаются одинаковые фундаментальные элементы. Эти повторяющиеся законы определяют дробную, или фрактальную, размерность структуры.

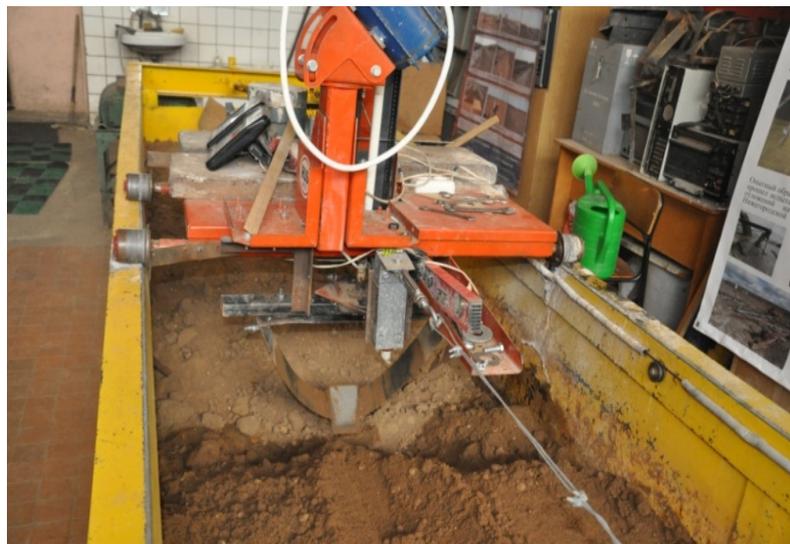
Основной характеристикой фрактала является фрактальная размерность. Она является индикатором степени сложности фрактальной структуры и универсальной характеристикой, позволяющей сравнивать и оценивать структуры разнородных систем. В настоящее время основным способом определения фрактальной размерности геометрических объектов является классический «клеточный» способ, предложенный еще Бенуа Мандельбротом [1].

Применяя фрактальные методы для оценки степени разрыхления, грунт необходимо рассматривать как диссипативную, самоподобную структуру, поглощающую энергию при взаимодействии с обрабатываемыми рабочими органами [2]. Энергия, затрачиваемая на обработку, расходуется не только на перемещение масс, но и на разрушение грунта, усложнение его структуры. Грунт до разрыхления имеет естественную структуру, то есть обладает всеми свойствами объекта, для изучения которого возможно применение методов фрактального анализа.

Исследования фрактальных свойств грунта проводились в грунтовой лотке лаборатории мелиоративных машин РГАУ МСХА им. К.А.Тимирязева. В качестве рабочих органов использовались физические модели различных типов рыхлителей (рис. 1а). Работы проводились на супесчаном грунте. Предварительно грунт в лотке подготавливался и уплотнялся, затем проводились замеры плотности и влажности грунта.

В процессе экспериментов после каждого прохода рыхлителя делались поперечные срезы грунта специальным приспособлением (рис. 1б). Приспособление устанавливалось на поверхность разрыхленного грунта, затем

производилось предварительное откапывание профиля и делался срез грунта при помощи подвижной части устройства.



а)

б)

Рисунок 1 - Экспериментальный грунтовый лоток с установленным рабочим органом рыхлителя

Срезы грунта фотографировались при высоком разрешении в формате bmp до и после обработки. Данный формат обеспечивает отсутствие структурных, хоть и незначительных, искажений при сжатии рисунка. Снимки были конвертированы в черно-белый формат с разрешением в 1 бит. После получения фотографий надлежащего качества было произведено измерение фрактальной размерности исследуемых участков изображений.

Фрактальная размерность определялась с использованием программы Gwyddion – модульной программы анализа графических данных. Интерфейс программы Gwyddion представлен на рисунке 2.

Для выделения структур среза грунта использовалось приложение обработки изображений ShadeData (Шейдинг данных), позволяющее выделять на снимках однородные графические образования. Примеры изображений: среза грунта показаны на (рис. 3-а); с соответствующими шейдерными представлениями данного среза на (рис. 3-б). Такой способ обработки данных обеспечивает более точное отображение структуры снимка.

Из рисунка 2 следует, что зависимость числа элементов, попавших в ячейки сетки, от шага этой сетки в дважды логарифмических координатах точно описывается линейной зависимостью, что показывает самоподобный, фрактальный характер структуры элементов среза грунта.

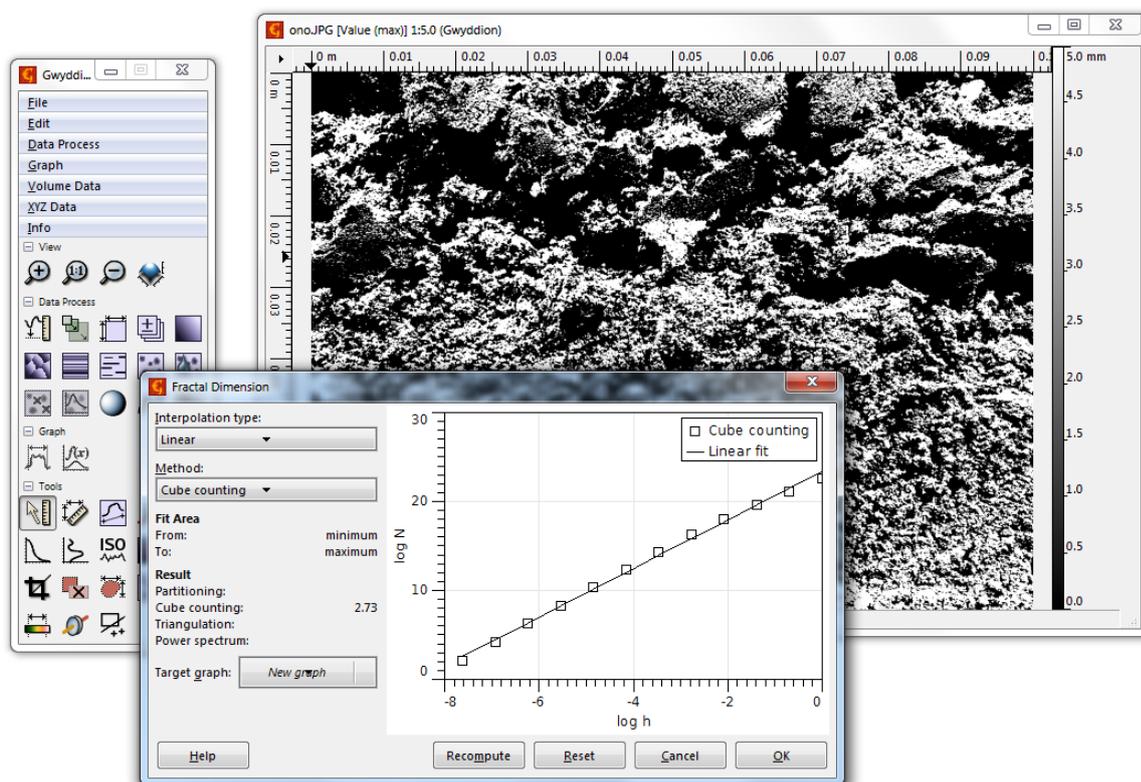
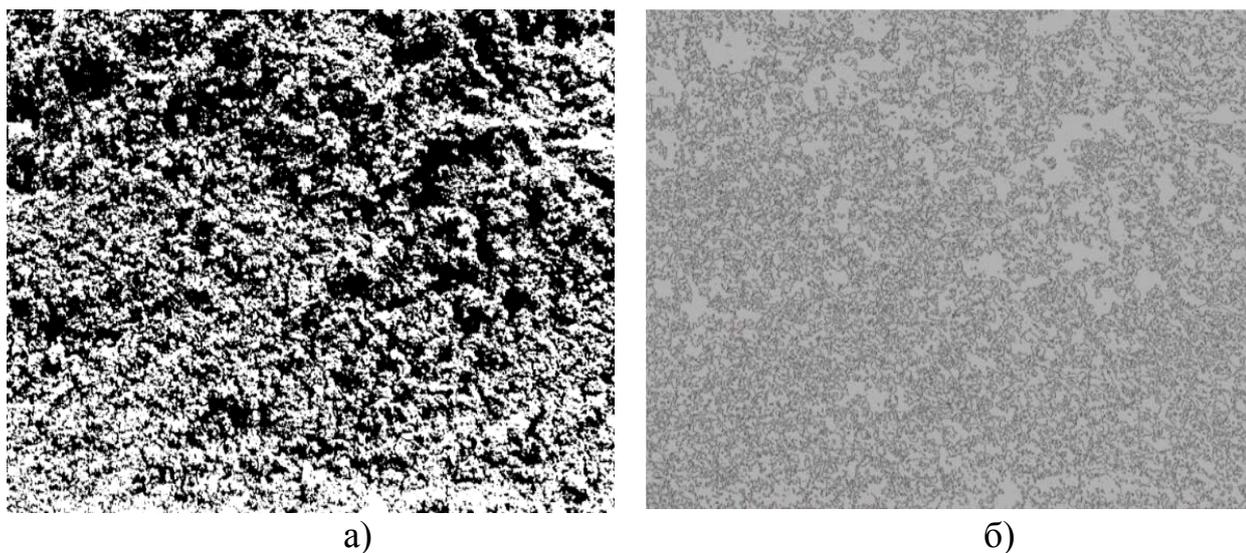


Рисунок 2 - Интерфейс программы Gwyddion

Диапазон значений фрактальной размерности для среза необработанного грунта составил не более 6-8%, а для участков разных срезов – 4-9%.

Тем не менее, было отмечено, что фрактальная размерность распределялась неравномерно по высоте среза грунта, а в верхних слоях почти во всех случаях превышала допустимые значения. Это может быть объяснено большей степенью уплотнения нижних слоев под давлением верхних (рис. 4).



а) б)  
Рисунок 3 - Структура поверхности среза грунта до и после шейдерной обработки

1,80	1,83	1,77	1,75	1,75	1,83	1,75	1,91	1,83	1,64
1,79	1,87	1,93	1,77	1,67	1,75	1,80	1,93	1,69	1,71
1,60	1,81	1,88	1,84	1,79	1,72	1,76	1,86	1,72	1,69
1,59	1,65	1,87	1,90	1,81	1,90	1,81	1,67	1,57	1,55
1,62	1,57	1,93	1,93	1,97	1,90	1,81	1,70	1,72	1,67
1,58	1,58	1,59	1,55	1,50	1,49	1,58	1,53	1,55	1,66

Рисунок 4 - Распределение фрактальной размерности среза грунта после прохода рыхлителя

В процессе исследований было установлено :

- чем больше энергии затрачивается на обработку однородных участков грунта, тем больше изменяется структура грунта;
- для оценки структурного изменения обработанного грунта могут использоваться его фрактальные характеристики, в частности, фрактальная размерность среза;
- доказана применимость фрактальных методов для анализа качества обработки грунта моделями рабочих органов объемных рыхлителей.

Полученные данные позволяют определять оптимальные конструктивные параметры объемных рыхлителей и режимы их работы, обеспечивающие требуемую степень разрыхления грунта при минимальных энергозатратах.

#### Список использованных источников

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – М.: Ин-т компьютерных исслед., 2002. – 856 с. №2. С. 199-201.
2. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Порядок из Хаоса: Новый диалог человека с Природой. Москва, УРСС, 2005
3. Сайт проекта Gwyddion <http://gwyddion.net> Доступ 28.05.2017.

## **ИЗУЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВ КАНАЛА «ШАВАТ» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ЧИСТНЫХ РАБОТ**

**Шаазизов Ф.Ш.**

НИИ ирригации и водных проблем, г.Ташкент, Узбекистан

Орошение земель Хорезмской области (Амударьинский район Каракалпакстана) Республики Узбекистан, а также Ташаузской области Туркменистана осуществляется тремя межреспубликанскими оросительными системами – Ташсакинской, Клычниязбайской и Кипчак-Бозсуйской.

Ташсакинская система - самая крупная в Хорезмской области. Она состоит из магистрального канала Ташсака, Шаватской ветки и канала Палван – Газават.

Объектом исследования является участок канала Шават от ПК240+00 до ПК260+00. Данный участок играет роль отстойника. На участке создается гидравлический режим, позволяющий осаждать взвешенные наносы, забираемые вместе с водой из р. Амударья. В процессе эксплуатации производится постоянная очистка русла от наносов земснарядами. Кроме того данный участок канала характеризуется некоторой извилистостью в плане. В таких условиях расстановка и работа земснарядов службой эксплуатации производится с учетом работ по очистке канала от наносов и работ по выправлению извилистости русла канала. На момент проведения исследований (10 апреля 2017 г.) в начале исследуемого участка имелась обширная область отмели в виде острова, расположенного ближе к правому берегу канала. При проведении исследований были взяты пробы наносов и фрагментов грунтов материала острова на различной глубине.

При отборе проб был принят следующий порядок проведения работ.

1. По водомерной рейке на гидрометрических мостах или нивелиром определялись абсолютные отметки горизонта воды на данном участке. По существующим уклонам водной поверхности и расстоянию определяется высотное положение каждого поперечного сечения.

2. Производится промер поперечника в створе отбора проб, замеры накладываются на поперечник с проектными отметками. В результате получаем проектное положение дна. Отбор проб грунта производится на отметках до 1,0 м от проектного дна канала.

3. При отсутствии воды в канале отбор проб по глубине производится почвенным буром.

4. Пробы грунта донных наносов дополнительно отбираются из пульпы земснарядов. При этом предварительно определяется место забора наносов и регистрируется глубина погружения всасывающего устройства.

5. Отобранные пробы регистрируются в полевом журнале и помещаются в полуторалитровые емкости. Заполненные емкости запечатываются и маркируются соответствующими отметками (место отбора, глубина взятия, дата и время взятия проб).

6. На каждом створе пробы отбираются в трех точках по смоченному периметру: вдоль и на расстоянии 1/4 вправо и влево от оси канала.

Отбор проб грунтов производится в присутствии представителя Заказчика и техников эксплуатационных участков.

После завершения отбора образцов на каждом участке составляется акт взятия проб. Взятые пробы предварительно высушивались в лаборатории. Высушенные образцы в воздушно сухом состоянии укладывались в бумажные пакетики и маркировались. Анализ проб наносов производился согласно общепринятой методике САНИИРИ. Группы грунтов определялись по диаметру отдельных фракций, процентному содержанию глинистых и пылеватых частиц в пределах 0,05 мм и менее.

В результате проведенных исследований определен гранулометрический состав отобранных образцов (рис. 1) и выявлены категории грунтов на исследуемом участке канала.

По данным измерений получено распределение гранулометрического состава грунтов в следующих соотношениях (рис.1):

- средние пески, относящиеся к 1-й категории грунтов, в процентном отношении к общему весу составили 0,29%;
- мелкие пески, относящиеся к 1-й категории грунтов, в процентном отношении составили 25,84%;
- пылеватые грунты, относящиеся ко 2-й категории грунтов, в процентном отношении составили 30,24%;
- глинистые грунты, относящиеся к 3-й категории грунтов, в процентном отношении составили 43,64%.

Полученные распределения грунтов по гранулометрическому составу и трудности разработки являются основой для составления проекта производства работ по очистке и ремонту участка канала.

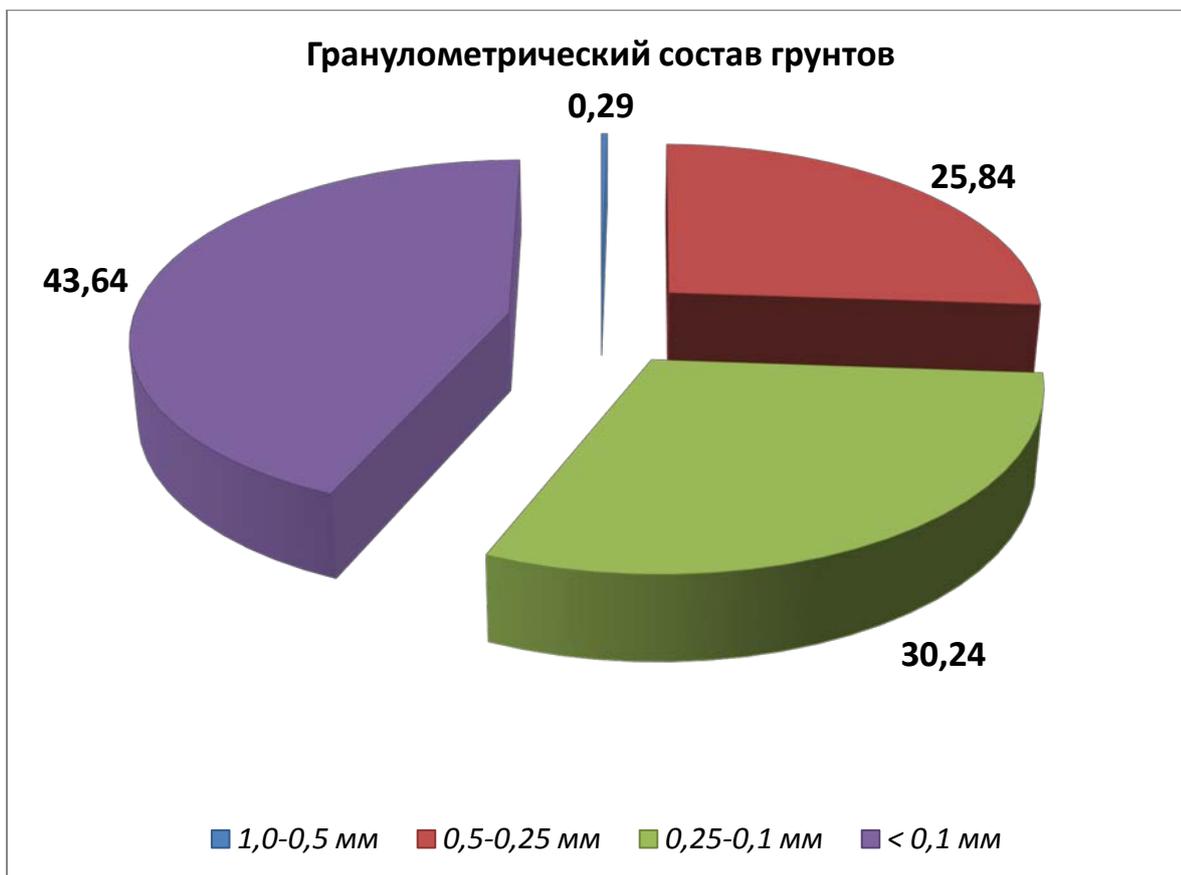


Рисунок 1 - Гранулометрический состав отобранных проб грунта

#### Список использованных источников

1. Алтуниин С.Т., Ларионова Л.В. Гидравлический расчет крупных каналов в легкоразмываемых грунтах // Гидротехническое строительство. – 1986. -№1.
  2. Мухамедов А.М., Лапшенков В.С. О некоторых формах деформации при грядовом движении наносов по наблюдениям на модели р. Амударьи // Тр. САНИИРИ – Ташкент, 1968 – Вып. 17.
- Шаазизов Ф.Ш. Исследования рациональных и эффективных методов отбора воды из источников орошения // «Водные ресурсы и водопользование» Ежемесячный научно-технический журнал, Республика Казахстан, Астана, №1(132) 2015, «Казахстан Су Арнасы», с. 15-22.

УДК 631.626.5

### **ОБСЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА НА ПРИМЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.**

**Ю. Г. Янко, А.Ф. Петрушин, Е.П. Митрофанов**

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург, Россия

В Ленинградской области разработана и выполняется региональная подпрограмма развития мелиорации земель на период 2014-2020 годы, в рамках которой осуществляется реконструкция и ремонт мелиоративных систем, внутрихозяйственных дорог, проводятся культуртехнические работы на мелиориро-

ванных землях. Важной составной частью работ по эксплуатации мелиоративных систем является их обследование и наблюдение за водно-воздушным режимом почв [1]. Организация службы эксплуатации мелиоративных осушительных систем на землях сельскохозяйственного назначения, согласно Федеральному Закону ФЗ-4 «О мелиорации земель», возложена на собственников мелиоративных систем, которые могут находиться в государственной, муниципальной собственности, а также в собственности юридических или физических лиц.

Задача контроля за мелиоративным состоянием мелиорированных земель заключается в определении на основе полученных данных водно-воздушного режима почв, сроков прекращения сбросов воды с осушаемых территорий, аккумуляции дренажного стока, сроков дополнительного увлажнения и оперативного отвода избыточной влаги во время летних паводков [2].

Проведение обследований по правилам технической эксплуатации мелиоративных систем в Ленинградской области является весьма дорогостоящим мероприятием, а убытки сельхозтоваропроизводителей от превышающих среднегодовую норму осадков и неисправных мелиоративных систем довольно существенны. Так в 2016 году по данным Комитета по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области была показана гибель 10% посевов из-за переувлажнения почв, а также снизилась урожайность сельскохозяйственных культур. Одной из причин создавшейся ситуации в растениеводстве Ленинградской области могут быть изменения в климате, что подтверждается количеством и интенсивностью выпадающих осадков в регионе (табл. 1).

В сложившихся условиях весьма целесообразным является внедрение в мониторинг мелиорированных сельскохозяйственных земель современных методов дистанционного обследования технического состояния осушительных мелиоративных систем. Использование космических снимков, аэрофотоснимков, приборов по метеорологическим измерениям, анализаторов качества стоков воды с полей, измерение уровня грунтовых вод, использование георадаров и других средств измерений в режиме контроля и фиксации географических координат места проведения исследований по установленной программе позволяет повысить производительность труда и достоверность показателей при обследовании.

Ситуацию о состоянии посевов, техническом состоянии осушительной мелиоративной системы возможно отследить дистанционно по снимкам, отображающим весь мелиоративный участок, включая водоприемник, транспортирующие каналы и другие гидротехнические сооружения (рис.1). Предлагаемые подходы к обследованиям при помощи дистанционных способов, которые разрабатываются в Агрофизическом научно-исследовательском институте, позволяют предложить владельцам мелиоративных систем методику, позволяющую сокращать время и ручной труд инженеров-мелиораторов, получать более достоверные данные и составлять дефектные ведомости для ремонта объектов мелиорации.

Таблица 1 - Осадки в вегетационный период 2016 года на территории Ленинградской области (справочно)

Район	Осадки						Относит. влажность воздуха, %	ГТ К	Оценка состояния верхних слоев почвы	
	Пункт наблюдений	Норма, мм	Мес. сумма, мм	%, от нормы	Макс. за сутки	Число дней с осад				
						≥ 1 мм и				≥ 5 мм и
Санкт-Петербург	79	151	191	34	15	11	76	2,6	-	
Гатчинский Белогорка	80	115	144	22	12	8	84	2,2	Хорошо увлажненная	
Волосовский Волосово	82	128	156	21	12	10	80	2,5	1-2 дек. сильно увл., 3 дек. хорошо увлажненная	
Кингисеппский Кингисепп	81	140	173	26	15	8	82	2,6	-	
Госненский Любань	79	211	267	41	13	12	85	3,9	Хорошо увлажненная	
Киришский Кириши	69	206	299	38	17	9	80	3,7	-	
Лодейнопольский Лодейной поле	73	108	147	23	13	7	81	1,9	-	
Тихвинский Тихвин	86	248	288	68	17	11	85	4,4	-	
Лужский Николаевское	83	126	152	26	16	9	87	2,3	Хорошо увлажненная	
Приозерский Сосново	77	156	202	37	14	9	83	2,9	Хорошо увлажненная	

В основу методики положен анализ космических и аэрофотоснимков мелиорированных полей, осушенных открытой осушительной сетью каналов или закрытым трубчатым дренажом с высоким разрешением.



Рисунок 1 - Фрагмент аэрофотоснимка мелиоративного участка и его схема

По снимкам можно распознать отдельные элементы осушительной системы, например, по аэрофотоснимкам распознаются открытые водоприемники, пруды, водохранилища, плотины, дамбы обвалования, отдельно расположенные гидротехнические сооружения, такие как мосты, трубопереезды, внутрихозяйственные дороги, опоры линий электропередач, насосные станции и другие наземные строения, относящиеся к осушительной мелиоративной системе. По состоянию посевов на обследуемом осушенном мелиорированном поле в конкретное время вегетационного периода можно определить косвенным путем техническое состояние мелиоративной системы.

Таким образом, использование аэрофотоснимков при проведении обследований мелиорированных земель является более информативным и достоверным в сравнении с действующими методами, особенно при съемках не только в видимом, но и в инфракрасном диапазонах.

Использование компьютерного моделирования и аэрофотоснимков высокого разрешения, получаемых с помощью беспилотных летающих аппаратов [3], позволяет усовершенствовать методику и автоматизировать работу составления дефектных ведомостей по очистке открытых каналов и вертикальной планировки полей.

#### Список использованных источников

1. Правила эксплуатации мелиоративных систем Российской Федерации. М., 1998.
2. Климко А.И., Черняк М.Б., Янко Ю.Г. Справочник мелиоратора // СПб., 2009. 202с.
3. Янко Ю.Г., Петрушин А.Ф. Обследование осушительных мелиоративных систем сельскохозяйственных земель в ленинградской области беспилотными воздушными судами // В сборнике статей Международной научно-практической конференции: «Ресурсный потенциал регионов Большого Алтая в производстве экологически чистого продовольствия». 2016. С. 184-192.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
<b>Шевченко В.А.</b> ЖИЗНЬ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АКАДЕМИКА А.Н. КОСТЯКОВА .....	3
<b>Вахонин Н.К.</b> ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОСУШИ- ТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ .....	10
<b>Хамидов М.Х., Муратов А.Р., Аллаберганов Н.</b> О ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКЕ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ В УЗБЕКИСТАНЕ .....	15
<b>Дубенок Н.Н.</b> РОЛЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ В ЭКОЛОГИЗА- ЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ .....	20
<b>Шахмалиева С.М.</b> РАЗВИТИЕ МЕЛИОРАЦИИ И ЕЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ .....	23
<b>Кизяев Б.М., Исаева С.Д.</b> ВОПРОСЫ ПРИОРИТЕТА ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙ- СТВЕННЫХ РЕГИОНОВ .....	27
<b>Козлов Д.В.</b> СОВРЕМЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ МЕЛИОРАТИВНО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕН- НОГО КОМПЛЕКСА .....	34
<b>Кирейчева Л.В.</b> ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ .....	39
<b><i>ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ И ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ</i></b>	
<b>Бородычев В.В., Конторович И.И.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД .....	46
<b>Бородычев В.В., Храбров М.Ю., Губин В.К., Колесова Н.Г.</b> К ВОПРОСУ РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ПОЛЯ .....	49

<b>Бубер А.А.</b> СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВЛАЖНОСТИ И УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ РАННЕГО КАРТОФЕЛЯ .....	53
<b>Губин В.К., Храбров М.Ю.</b> НИЗКОНАПОРНАЯ СЕТЬ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ .....	56
<b>Дедова Э.Б., Шабанов Р.М.</b> АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ .....	60
<b>Жезмер В.Б.</b> ПРИНЦИПЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА ПРИ ДОЖДЕВАНИИ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ ЗОНЫ РИСОСЕЯНИЯ .....	63
<b>Каюмов И.А., Хисматуллин М.М., Хисматуллин М.М.</b> РАЗВИТИЕ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН .....	66
<b>Лентяева Е.А., Федотова И.В.</b> ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОСТАВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ .....	69
<b>Максименко В.П., Меньшикова С.А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ВОДНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ .....	72
<b>Михайлова Е.Е.</b> ПРОДУКТИВНОСТЬ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ .....	75
<b>Павлущенко В.А.</b> О ПРЕОБРАЗОВАНИИ ФОРМУЛ РАСЧЕТА ИСПАРЯЕМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА К ТЕМПЕРАТУРАМ ИСПАРЯЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ .....	78
<b>Пыленок П.И., Ершова Г.И., Родькина В.Н.</b> РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МЕЛИОРАЦИИ ОКСКОЙ ПОЙМЫ .....	80
<b>Салиев М.Б., Тураева М.Н., Салиев Б.К.</b> РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОСУШИТЕЛЬНО- УВЛАЖНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ .....	85
<b><i>РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ОХРАНА ОТ ИСТОЩЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ</i></b>	
<b>Бубер А.А., Гетьман Е.Н., Хомутов Ю.А.</b> РАЗРАБОТКА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА НИЖНЕЙ КУБАНИ .....	88

<b>Бубер А.Л.</b> НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ РИСОВЫХ СИСТЕМ .....	91
<b>Бубер А.Л., Бубер В.Б., Шапировский С.Б.</b> РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕМА ВОДОХРАНИЛИЩ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ .....	93
<b>Волосухин В.А., Мордвинцев М.М.</b> ОБОСНОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОТОКОВ ДЛЯ ПРЕДГОРНЫХ И ГОРНЫХ БАССЕЙНОВ ЮГА РОССИИ .....	97
<b>Глазунова И.В., Исламова Л.Ф.</b> УЧЕТ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ, НА ВОДОСБОРЕ МАЛОЙ РЕКИ .....	100
<b>Джалилова Т., Маткаримов Ж.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТНОГО ОБОСНО- ВАНИЯ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙ- СТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ХОРЕЗМСКОГО ОАЗИСА .....	106
<b>Джусупова Ж.К., Саркынов Е., Жакупова Ж.З.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ И ЭНЕРГОСБЕРЕ- ГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДЪЕМА ДЛЯ ВОДОСНАБ- ЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ДРУГИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ АПК .....	109
<b>Карпенко Н.П., Мустафаев Ж.С., Жанымхан К.</b> ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМАТИЗАЦИЯ ЛАНДШАФТНЫХ КАТЕН ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ КАРАТАЛ .....	116
<b>Кененбаев Т.С.</b> К ВОПРОСУ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ УЛУЧШЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ .....	119
<b>Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д.</b> ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВОДНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОБУСТРОЙСТВЕ ВОДОСБОРОВ БАССЕЙНА РЕКИ ШУ .....	122
<b>Кушер А.М.</b> РАСХОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОМЕТРИЧЕСКОГО ВОДОСЛИВА С ТОНКОЙ СТЕНКОЙ .....	124
<b>Кушер А.М.</b> ТОЧНОСТЬ ЧИСЛЕННОГО РАСЧЕТА РАСХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОГО ВОДОСЛИВА С ШИРОКИМ ПОРОГОМ .....	127

<b>Макарычева Е.А.</b> МОДЕЛЬ ВЛАГООБМЕНА ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ С ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ .....	130
<b>Маткаримов Ж.М., Джалилова Т.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДНО - СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПРИ ПОЛИВАХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ .....	133
<b>Махмудов И.Э., Чембарисов Э.И., Мирзакобулов Ж.Б.</b> ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЧНЫХ ВОД СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. СЫРДАРЬИ .....	138
<b>Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Абдывалиева К.С.</b> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДАХ НИЗОВЬЕВ РЕКИ СЫРДАРЬИ .....	141
<b>Новиков А.А.</b> ПОЛИВНОЙ РЕЖИМ И УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РАННЕГО КАРТОФЕЛЯ .....	143
<b>Салиев Б.К., Хаджаев С.С.</b> РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАСЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ .....	146
<b>Стрельбицкая Е.Б., Соломина А.П.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ .....	149
<b>Турсынбаев Н.А., Мустафаев Ж.С., Кирейчева Л.В.</b> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОСБОРНУЮ ТЕРРИТОРИЮ БАСЕЙНА РЕКИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	155
<b>Фонтана К.А.</b> ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ .....	158
<b>Шаазизов Ф.Ш.</b> К ВОПРОСУ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОДЪЕМА ДНА РУСЛА Р. АМУДАРЬЯ ВЫШЕ ТУЯМУЮНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА .....	160
<b>Шамсутдинов Н.З., Энх-Амгалан С., Цаган-Манджиев Н.Л.</b> ОАЗИСНОЕ ОРОШАЕМОЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВО НА ОСНОВЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАК СПОСОБ СОЗДАНИЯ СТРАХОВОГО ЗАПАСА КОРМОВ НА АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ МОНГОЛИИ .....	163

<b>Щербакова Н.А., Кади Силла, Бондаренко А.Н.</b> ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА ОТКРЫТОГО ГРУНТА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ .....	166
<b>Широкова Ю.И., Палуашова Г.К., Садиев Ф.Ф.</b> О ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ОРОШЕНИИ ПОДВЕРЖЕННЫХ ЗАСОЛЕНИЮ ЗЕМЕЛЬ УЗБЕКИСТАНА .....	169

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА  
НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ**

<b>Адилбектеги Г.А., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т.</b> РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА ПО ЗАТРАТАМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ .....	172
<b>Беленков А.И., Сабо У.М.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ НИГЕРИЯ .....	174
<b>Беленков А.И., Шачнев В.П., Черненко Н.Ю.</b> ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В АРИДНОЙ ЗОНЕ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ .....	177
<b>Глазунова И.В., Воронина К.П.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ЯУЗА В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ .....	180
<b>Данчеев Д.В., Ильинский А.В.</b> К ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ .....	184
<b>Дедова Э.Б., Кониева Г.Н., Дедов А.А.</b> ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛИМАННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ КАЛМЫКИИ.....	187
<b>Карпенко Н.П., Мустафаев Ж.С., Ескермесов Ж.Е.</b> БИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛАНДШАФТОВ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ .....	190
<b>Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А.</b> ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛУГ ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ .....	193

<b>Стенина Н.Г.</b> РЕШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ И ЭКОЛОГИИ В КОНТЕКСТЕ ЕДИНОЙ ВОДНО-ОРГАНО- МИНЕРАЛЬНОЙ ПРИРОДЫ ПОЧВЫ .....	196
<b>Толкачёв Г.Ю., Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И.</b> МИКРОЭЛЕМЕНТЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИВАНЬКОВСКОГО И УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ .....	199
<b>Щепотько Н.А.</b> КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ .....	203

***ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ  
И ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ***

<b>Абдешев К.Б., Мустафаев Ж.С., Безбородов Ю.Г.</b> МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ .....	207
<b>Игнатенок В.А., Павлов А.А.</b> ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ АГРОМЕЛИО- РАТИВНЫХ ПРИЕМОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С ПОМОЩЬЮ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ .....	210
<b>Ильинский А.В., Данчеев Д.В.</b> РОЛЬ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ДЕГРАДИРО- ВАННЫХ И ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЁННЫХ ЗЕМЕЛЬ .....	213
<b>Карпенко Н.П., Маймакова А.К.</b> РАСЧЕТ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА .....	216
<b>Кирейчева Л.В., Мустафаев Ж.С., Жусупова Л.К.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	219
<b>Павлов В.Ю.</b> ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГАЗОННЫХ ТРАВ НА ГОРОДСКИХ ПОЧВА .....	222
<b>Сельмен В.Н., Ильинский А.В.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД .....	225

<b>Шамсутдинова Э.З., Шамсутдинов Н.З., Шагаипов М.М.</b> НОВЫЕ СОРТА АРИДНЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПАСТБИЩНЫХ ЗЕМЕЛЬ .....	228
---	-----

***ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ  
СООРУЖЕНИЙ***

<b>Барамыков М.Р.</b> МОНИТОРИНГ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА .....	231
--	-----

<b>Гловацкий О.Я., Печейкина Е.А., Рустамов Ш.Р.</b> ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИРРИГАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ .....	235
---	-----

<b>Карпенко Н.П.</b> АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ .....	238
--	-----

<b>Кирейчева Л.В., Кравченко А.С.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ .....	241
---	-----

<b>Шарипов Ш.М., Насырова Н.Р., Сапаров А.Б.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ МАШИННОГО ВОДОПОДЪЕМА .....	246
--	-----

<b>Щербаков А.О., Талызов А.А.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ В КАНАЛЕ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ .....	249
---	-----

<b>Щербаков А.О., Фирсов А.В.</b> К МОНИТОРИНГУ ТВЕРДОГО СТОКА НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ .....	252
---	-----

***ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МЕЛИОРИРОВАННЫХ  
ЗЕМЕЛЬ И МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ***

<b>Горохова И.Н., Панкова Е.И.</b> АНАЛИЗ ПРИЧИН ПЯТНИСТОСТИ ПОЛЕЙ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ СВЕТЛОЯРСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ) .....	258
---	-----

<b>Горохова И.Н., Филиппов Д.В.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ И ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ СВЕТЛОЯРСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ .....	261
<b>Жезмер В.Б., Гольцов Ю.Я., Дудаков Н.К.</b> ВОСТРЕБОВАННОСТЬ ДАННЫХ ПО МОНИТОРИНГУ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА .....	264
<b>Исаева С.Д.</b> МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ .....	268
<b>Корженевский Б.И., Коломийцев Н.В., Гетьман Е.Н.</b> ПРИНЦИПЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ БАССЕЙНА РЕКИ ВОЛГИ .....	271
<b>Лялин Ю.С.</b> НЕКОТОРЫЕ МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ .....	274
<b>Наумова Т.В., Пикалова И.Ф.</b> МОНИТОРИНГ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ II И III КЛАССОВ И ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА НА СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ .....	277
<b>Николаенко А.Н.</b> ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ПОЧВ ПРИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ .....	282
<b>Овчинникова Е.В.</b> СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГИДРОМЕЛИОРА- ТИВНЫХ СИСТЕМ .....	286
<b>Павлущенко В.А.</b> МОНИТОРИНГ ПОЛОВОДИЙ Р. ДЕСНЫ, РАСПОЛОЖЕННОЙ В БАССЕЙНЕ Р. МОСКВЫ .....	289
<b>Побединская Г.В., Ильинский А.В.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ .....	291
<b>Пуховский А.В., Пуховская Т.Ю., Крутова А.В.</b> НОРМАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОСТРАН- СТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ .....	294

<b>Уманский А.С., Богрина Ю.А., Шишкина А.В.</b> ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ПОЙМ МАЛЫХ РЕК КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	297
<b>Усманов И.А., Мусаева А.К., Ходжаева Г.А.</b> К ВОПРОСУ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ БАСЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬЯ ПО СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ .....	299
<b>Храбров М.Ю., Колесова Н.Г.</b> ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА НА ТОРФЯНИКАХ .....	302
<b>Чембарисов Э.И., Махмудов И.Э., Мирзакобулов Ж.Б.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КОЛЛЕКТОРНО- ДРЕНАЖНЫХ ВОД СРЕДНЕЙ АЗИИ .....	306

***ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ  
ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ В МЕЛИОРАЦИИ***

<b>Енакаева В.Р., Попова Н.М., Шукурова Л.А.</b> МОНИТОРИНГ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ И ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	309
<b>Лытов М.Н.</b> ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ .....	312
<b>Николаенко А.Н.</b> БАЗА ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «МЕЛИОРАЦИЯ» .....	315
<b>Ольгаренко В.И., Юрченко И.Ф., Ольгаренко И.В., Ольгаренко В.Иг.</b> АДАПТАЦИЯ МЕТОДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ К РАСЧЕТАМ РИСКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ .....	318
<b>Юрченко И.Ф.</b> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ РИСКОВ МЕЛИОРА- ТИВНЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ .....	322

***ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА  
ДЛЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ***

<b>Апатенко А.С., Марков И.А.</b> СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ВРЕМЕНИ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ МАШИН ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ .....	328
--	-----

<b>Бедретдинов Г.Х.</b> МЕТОДЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ .....	331
<b>Буравцев В.Н.</b> ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ДРЕНАЖА БЕСТРАНШЕЙНЫМ СПОСОБОМ .....	337
<b>Ефремов А.Н.</b> ЛАЗЕРНО-ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДРЕНОУКЛАДЧИКАМИ .....	348
<b>Каюмов И.А., Хисматуллин Марс М., Хисматуллин Марсель М.</b> ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН .....	355
<b>Корнеев А.Ю., Мартынова Н.Б.</b> ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ .....	357
<b>Пунинский В.С.</b> СОСТОЯНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ С СОЛОНЦОВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ .....	361
<b>Н.К. Теловов, Х.А. Абдулмажидов</b> ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЫХЛИТЕЛЯ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ .....	368
<b>Цветков И.В., Насонов А.Н., Бедретдинов Г.Х., Жогин И.М.</b> ОЦЕНКА ПЛОЩАДЕЙ ДЕГРАДАЦИЙ ПО АЭРОКОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ ФРАКТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ .....	375
<b>Цветков И.В., Насонов А.Н., Макаров А.А., Жогин И.М., Абду- жаббаров Х.А., Камалов М.М., Леонтьев Ю. П.</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЫХЛЕНИЯ ГРУНТА МЕТОДОМ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА .....	379
<b>Шаазизов Ф.Ш.</b> ИЗУЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВ КАНАЛА «ШАВАТ» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ .....	384
<b>Янко Ю.Г., Петрушин А.Ф., Митрофанов Е.П.</b> ОБСЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА НА ПРИМЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	386

Научное издание

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАЦИИ,  
ГИДРОТЕХНИКИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА АПК**

Материалы международной  
научно-практической конференции,  
*приуроченной к «Году экологии в Российской  
Федерации» и 130-летию со дня рождения  
А.Н. Костякова*  
(Костяковские чтения)

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка – Е.Н. Гетьман  
Макет обложки – Р.Б. Кротов

Подписано в печать 27.10.2017 г.  
Усл. печ.л. 25,33. Тираж 300 экз. Заказ № L25\_0716\_006  
Издательство ВНИИГиМ  
127550 Москва, ул. Большая Академическая, 44, корп. 2

Отпечатано с готовых макетов  
В типографии ООО «ОнтоПринт»  
Москва, ул. Окружной проезд, д. 18  
[www.ontoprint.ru](http://www.ontoprint.ru)