



Учредители:

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»,
НП «Союз водников и мелиораторов»,
ФГБНУ ВНИИ «Радуга», АНО «Редакция журнала
«Мелиорация и водное хозяйство»

Издается с апреля 1949 года

СОДЕРЖАНИЕ

СТРАНИЦА РЕДАКТОРА

Гулюк Г.Г. 300 лет Российской академии наук 2

ГИДРОТЕХНИКА, ГИДРАВЛИКА

Бритвин С.О., Антонов А.С., Юрченко А.Н.
Инструментальное обследование проточного
тракта гидроагрегата средненапорной
деривационной ГЭС 3

Глазунова И.В., Редников С.Н., Нгуен К.З.
Исследования аэрогидродинамических систем
формирования отложений водных объектов 7

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Али Х., Перминов А.В. Мониторинг
водохранилища 16 Тишрин с использованием
ГИС-технологий и дистанционного зондирования 11

МЕЛИОРАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ

Бадмаева Ю.В. Состояние агроландшафтов
лесостепной зоны Красноярского края 16

Исаев А.С. Мелиоративная оценка земель
бассейна Саны 20

МЕЛИОРАЦИЯ И ПРИРОДНАЯ СРЕДА

Толкачев Г.Ю., Ильина Т.А., Гетьман Е.Н.
Региональные и глобальные фоновые значения
при оценке загрязнения водных объектов
тяжелыми металлами 28

Уланов Н.А., Уланов А.Н. Ионный состав
дренажно-сбросных и подземных вод
осушаемого болота «Гадовское» 33

ОРОШЕНИЕ

*Загоруйко М.Г., Соловьев Д.А., Рыжко Н.Ф.,
Рыжко С.Н.* Снижение энергоемкости полива
при эксплуатации многоопорных дождевальных
машин «Каскад» 39

Кравчук А.В., Корсак В.В., Улданов А.Г.
Суммарное водопотребление яблоневого сада
на черноземах Нижнего Поволжья 42

ИНФОРМАЦИЯ

140 лет со дня рождения А.Д. Брудастова (1884–1951) 45

Николаю Николаевичу Дубенку – 75 лет 46

Василию Викторовичу Гордиенко – 65 лет 47

Марсу Мансуровичу Хисматуллину – 50 лет 48

Памяти Дивакова Анатолия Ивановича 49

CONTENTS

EDITOR'S PAGE

Guliuk G.G. 300 years of the Russian academy
of sciences 2

HYDRAULIC ENGINEERING, HYDRAULICS

Britvin S.O., Antonov A.S., Yurchenko A.N.
Instrumental inspection of the flow path of the
hydroelectric unit of the middle flow derivational HPP. 3

Glazunova I.V., Rednikov S.N., Nguyen K.Z. Studies
of aerohydrodynamic systems for the formation
of sediments of water bodies 7

WATER MANAGEMENT PROBLEMS

Alali H., Perminov A.V. Monitoring of reservoir 16
Tishrin using gis-technology and remote sensing 11

MELIORATION OF AGROLANDSCAPES

Badmaeva Yu.V. The state of agro-landscapes of the
forest-steppe zone of the Krasnoyarsk territory 16

Isaev A.S. Reclamation assessment of Sauna pool lands 20

MELIORATION AND NATURAL ENVIRONMENT

Tolkachev G.Yu., Ilina T.A., Getman E.N. Regional
and global background values in the assessment of
heavy metals pollution of water bodies 28

Ulanov N.A., Ulanov A.N. Ionic composition of
drainage-waste and groundwater of the drained
«Gadovskoye» swamp 33

IRRIGATION

*Zagoruiko M.G., Solovyev D.A., Ryzhko N.F., Ryzhko
S.N.* Robotic irrigation complex for growing crops in
an irrigated area 39

Kravchuk A.V., Korsak V.V., Uldanov A.G. Total water
consumption of an apple orchard in the chernozems
of the Lower Volga region 42

INFORMATION

140 years since the birth of A.D. Brudastov (1884–1951) 45

N.N. Dubenok is 75 years old 46

V.V. Gordienko is 65 years old 47

M.M. Khismatullin is 50 years old 48

In memory of A.I. Divakov 49

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-61128 от 03.04.2015.

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых
должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на сои-
скание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), пол-
ные тексты статей доступны на сайте <https://elibrary.ru>.

Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 4,65. Тираж 1000 экз.

Верстка Т.Б. Самсонова

Адрес редакции: 127434, Москва, Б. Академическая, д. 44, корп. 2.
Тел./факс (499) 976-48-39. E-mail: mivh@mail.ru, <http://mivh.vniigim.ru>

Главный редактор – Г.Г. ГУЛЮК

Редакционный совет:

М.В. БОРОВОЙ, М.В. ГЛИСТИН, Н.К. ДОЛГУШКИН, Н.Н. ДУБЕНКО,
Д.В. КОЗЛОВ, А.В. КОЛГАНОВ, И.П. КРУЖИЛИН, А.П. ЛИХАЦЕВИЧ,
Я.П. ЛОБАЧЕВСКИЙ, В.В. МЕЛИХОВ, С.Г. МИТИН, П.А. МИХЕЕВ,
В.И. ОЛЬГАРЕНКО, Г.В. ОЛЬГАРЕНКО, Н.Н. СОЛОДЧУК, Т.Г. СТЕПАНОВА,
В.И. ТРУХАЧЁВ, М.М. ХИСМАТУЛЛИН, В.А. ШЕВЧЕНКО, В.Н. ЩЕДРИН,
В.П. ЯКУШЕВ, С.В. ЯХНЮК

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов публикаций.

300 ЛЕТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Дорогие друзья!



Г.Г. ГУЛЮК

8 февраля 2024 г. исполнилось 300 лет Российской академии наук. Президент Российской Федерации В.В. Путин выступил и отметил, что именно в день рождения Академии празднуется День российской науки. Это событие объединяет все исследовательское сообщество нашей страны. Мы, мелиораторы России, вправе, глубоко осмыслив все, вспомнить, как развивалось мелиоративное строительство. Каким образом земельные ресурсы из неудобищ превращались в плодородные нивы. Решающей силой общественного развития являются условия материальной жизни общества и, прежде всего, способ производства материальных благ, добывание необходимых средств к жизни.

В трудах российского ученого В.Р. Вильямса вскрыт и развит закон незаменимости факторов жизни растений. В силу этого закона для создания максимальных непрерывно повышающихся урожаев сельскохозяйственной культуры должны быть обеспечены одновременный и полный приток всех необходимых факторов их развития: воды, пищи, тепла, света, азрации. Эти и ряд других мер решает мелиорация путем, как правило, мелиоративной науки.

Мы – мелиораторы и сельхозпроизводители, благодарны нашим отечественным ученым: А.Н. Костякову, В.Р. Вильямсу, С.Ф. Аверьянову, Д.И. Ивицкому, Н.И. Дружинину, Б.С. Масолову и ряду других.

Отмечалось, что Академия наук России на протяжении истории занималась фундаментальной наукой. Исторически известно основание академии на переломном рубеже, когда наша страна стала великой державой. Петр I – основатель, вдохновитель академии наук – видел громадную роль науки для просвещения и образования, для укрепления военной мощи и экономического потенциала государства.

Вклад членов академии – исследователей и первооткрывателей – поистине бесценен в становлении России как цивилизованного государства.

Собранные многими поколениями ученых природные, этнографические, археологические результаты исследований являются подлинным достоянием России. Они служат сохранению нашей идентичности и исторической правды, сбережению нашего великого многонационального народа, нашей культуры, литературы, самобытных тра-

диций народов России, которые веками жили бок о бок в нашей стране. Президент указал на бережное, внимательное отношение к делу просвещения подрастающего поколения. О безусловном участии академии наук при формировании долгосрочных планов в экономике, социальном развитии, демографии, стратегическом развитии страны.

Сила научного предвидения, как и многогранность поиска, всегда отличала работу академии наук, формировала сильнейшие школы в области математики, физики, химии, биологии, физиологии, медицины.

Президент отметил, что сегодня Академия наук действует, реализуя и наращивая свой потенциал в очень непростых условиях, и ответственность ее за полученные результаты возрастает в разы в сегодняшних условиях.

Нам нужно быть сильными, самодостаточными и конкурентоспособными по всем ключевым факторам процесса. Конкурентоспособными для того, чтобы формировать глобальную повестку развития, занимать прочные позиции на мировых рынках, как на сегодняшних, так и на перспективных.

Нужно стремиться, в буквальном смысле слова, перешагнуть на следующий технологический рубеж, наращивать свои уникальные компетенции для создания международных научно-технологических альянсов.

Прежде всего, важно интегрировать академию в процесс принятия ключевых государственных стратегических решений. Академия должна проходить все значимые инициативы, включая наши национальные проекты, планы развития инфраструктуры, отраслей регионов, а научные, технологические программы по таким ключевым направлениям как: космос, микроэлектроника, квантовая биология, генетика. Обязательную академическую экспертизу должны проходить учебники для вузов и школ, а также РАН должна взять на себя руководство деятельностью диссертационных советов, их решений и анализ выдвигаемых на защиту диссертаций. Академии нужно напрямую участвовать в формировании новых подходов к присуждению ученых степеней и званий в аттестации научно-педагогических кадрах.

Несколько слов о роли академии в формировании и координации фундаментальных исследований, существенном укреплении научно-технического руководства научным центром и вузами нашей страны. Именно РАН, вне зависимости от ведомственного подчинения академических институтов, должна определять направление их деятельности,

принимать непосредственное участие в решении вопросов финансирования, выбора кандидатур их руководителей.

Недопустимы утрата и неэффективное использование исследовательской инфраструктуры, а также и любых решений, тем более в обход академии, выделение из состава институтов, опытных производств и лечебной базы, необходимых для обучения, проведения экспериментов и испытаний.

Российская академия наук призвана сформировать единую базу научных публикаций и исследований, обеспечить условия поиска, обмена и распространения научной информации для продвижения результатов отечественных ученых для популяризации науки, как в России, так и за рубежом. Общий объем исследований и разработки гражданского назначения в ближайшие три года превысят 1,5 трлн рублей.

Президент напомнил об обязательном исследовании разрабатываемых теорий фундаментальной науки.

В развитии научных организаций Сибири и Дальнего Востока мелиоративная наука утрати-

ла свою направленность, да и в европейской части нет широкого освоения неиспользованных сельскохозяйственных земельных ресурсов. К сожалению, построенные и организованные мелиоративно-болотные стационары по изучению природных характеристик прекратили свое существование, опытно-производственные хозяйства не работают, стали бесхозными построенные экспериментальные осушительные системы со сроком службы уже более полувека. Научно-исследовательским институтам необходимо вернуться к практическим выводам исследований, на которых возможно восстановление неэффективных систем площадью более миллиона гектаров в Нечерноземной зоне. Ладно, хватит о плохом.

Главное, в короткие сроки усилить дальнейшее развитие Российской академии наук, используя материалы Президента Российской Федерации на праздновании 300-летия и выводов заседания Совета по науке и образованию.

За работу, мелиораторы!

Гулюк Георгий Григорьевич, доктор с.-х. наук, главный редактор (Журнал «Мелиорация и водное хозяйство»).

УДК 627.84

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-3-7

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПРОТОЧНОГО ТРАКТА ГИДРОАГРЕГАТА СРЕДНЕНАПОРНОЙ ДЕРИВАЦИОННОЙ ГЭС



С.О. БРИТВИН, А.С. АНТОНОВ, А.Н. ЮРЧЕНКО

Ключевые слова: проточный тракт ГЭС, гидротурбина, неразрушающие методы контроля, оценка состояния оборудования.

Keywords: the flow path of HPP, hydro turbine, non-destructive testing methods, equipment condition assessment.

Аннотация. В статье представлены результаты оценки технического состояния проточного тракта гидроагрегата деривационной ГЭС с целью получения исходных данных для организации холостых сбросов воды при аварийной остановке. Изложены результаты обследования: быстропадающего щита с закладными частями; пазов ремонтного затвора; рабочего колеса; вала турбины; элементов направляющего аппарата; статора турбины

и спиральной камеры; отсасывающей трубы. Приведены основные данные визуального осмотра и инструментальных исследований, замеров узлов, проведенная на основании данных обследования, оценка технического состояния оборудования и конструкций. А также даны рекомендации для возможности дальнейшей безопасной эксплуатации обследуемых узлов и элементов проточного тракта.

Abstract. This article presents the results of an assessment of the technical condition of the flow path of the hydroelectric unit of the derivational HPP to obtain initial data for the organization of water discharges during an emergency stop of the HPP. The article presents the results of the examination of: a fast-falling shield with embedded parts; grooves of the repair gate; turbine impeller; turbine shaft; elements of the guiding apparatus; turbine stator and spiral chamber; suction pipe. The basic data of visual inspection and instrumental studies, measurements of nodes, assessments of the technical condition of equipment and structures carried out on the basis of survey data are presented. Recommendations are also given for the possibility of further safe operation of the examined nodes and elements of the flow path.

Введение. В Российской Федерации в эксплуатации находятся более 200 гидроэлектростанций, срок службы многих из них превысил 40 лет. За столь длительный период времени изменились требования нормативно-технической документации, требуется модернизация и замена как гидромеханического, так и турбинного оборудования. Кроме того, на эксплуатацию сооружений и оборудования влияют изменения гидрологических условий водотока, от которых непосредственно зависит безопасность функционирования гидроэнергетического объекта и его сооружений.

Объектом обследования является проточный тракт гидротурбины средненапорной деривационной ГЭС, которая была введена в эксплуатацию более 60 лет назад. В 2007 г. произведена реконструкция гидротурбины с увеличением мощности при расчетном напоре с 17,67 до 22 МВт и заменой рабочего колеса направляющего аппарата (в существующую проточную часть), а также частичной доработкой вала турбины на заводе с заменой крепежа фланцевых соединений. В 2019 г. проведен последний текущий ремонт гидротурбины после чего гидроагрегат выведен из эксплуатации. Дефекты, зафиксированные при проведении текущего ремонта в 2019 г., устранены не были.

Актуальность работы заключается в своевременном проведении инструментального обследования элементов проточного тракта для оценки возможности холостых сбросов и обеспечения технической безопасности энергетического объекта, а также соответствия действующим требованиям нормативно-технической документации. Перед проведением работ был изучен и проанализирован отечественный и зарубежный опыт в области эксплуатации гидротурбинного оборудования [1–11].

Целью работы является оценка технического состояния проточного тракта гидроагрегата деривационной ГЭС для получения исходных данных для организации холостых сбросов воды при аварийной остановке ГЭС (по строительству холостого водосброса).

Задачи обследования состояли в оценке и выявлении:

- технического состояния рабочего колеса, вала турбины, направляющего аппарата, спиральной камеры и статора турбины, металла отсасывающей трубы;
- наличия следов карбонизации бетона и класса бетона отсасывающей трубы, с сопоставлением его с проектными данными;
- нарушенных зон (с изменением геометрии облицовки, с наличием заоблицовочных пустот), влияющих на безопасную работу;

- гидромеханического оборудования (элементов быстропадающего щита, технического состояния металла пазов быстропадающего щита и ремонтного затвора, класса бетона пазов затворов, следов карбонизации бетона) и др.

Материалы и методы. Обследование проведено в 2022 г. и включало в себя контроль узлов: быстропадающий щит с закладными частями; пазы ремонтного затвора; рабочее колесо; вал турбины; направляющий аппарат; статор турбины и спиральная камера; отсасывающая труба, включая конус.

Работы по этим элементам включали в себя: визуальный осмотр; инструментальные исследования и замеры узлов для определения качественного и количественного характера кавитационных, коррозионных, эрозионных, механических повреждений и износа; проверки зазоров, прогибов, люфтов, толщины металлических облицовок; прочности бетонных конструкций с целью оценки их соответствия требованиям заводской документации и действующим НТД.

Для оценки состояния металлических конструкций применялись: визуальный и измерительный контроль, ультразвуковая толщинометрия, контроль проникающими веществами, магнитопорошковая дефектоскопия, твердометрия.

При оценке состояния бетонных конструкций использовались: механический неразрушающий метод с использованием склерометра, ультразвуковой неразрушающий метод, прямой неразрушающий метод – отрыв со скалыванием, определение глубины карбонизации, а для отсасывающей трубы – лазерное сканирование.

Определение прочности бетона и глубины карбонизации проводилось для элементов: отсасывающая труба; паз затвора НБ; паз быстропадающего затвора; паз ремонтного затвора; паз ремонтного затвора НБ. Обследование проводилось в соответствии с действующими нормативными документами: СТО 70238424.27.140.017–2010, ГОСТ 22690–2015, ГОСТ 17624–2012, ГОСТ 31383–2008, ГОСТ Р 55562–2013 (МЭК 60609–1:2004), ГОСТ Р ИСО 10543–99, ГОСТ Р 52330–2005, РД 03-606–03, РД 13-05–2006.

В соответствии с СТО 70238424.27.140.001–2011 «Гидроэлектростанции. Методики оценки технического состояния основного оборудования» техническое состояние оборудования оценивалось как: «работоспособное», «неработоспособное», «частично неработоспособное», «предельное», «неисправное состояние», «рабочее состояние», «нерабочее состояние».

Результаты и обсуждение. По результатам обследования одним из типичных дефектов рабочего колеса является абразивный износ, связанный с наличием крупных частиц в водном потоке, проходящем через проточную часть. Износ носит незначительный характер и не влияет на работоспособность оборудования при своевременном восстановлении целостности поверхности в случае проявлении раковин более 5 мм.

В зоне сопряжения лопастей с нижним ободом зафиксированы выборки металла (рис. 1). В связи с отсутствием подтверждающих данных определить причину возникновения указанных выборок невозможно. Такие выборки могли быть произведены как в процессе монтажа рабочего колеса для изменения поля напряжений зоны сопряжения «лопасть—обод», так и в процессе эксплуатации по причине абразивного износа.

В результате обследования установлено, что облицовка вала турбины имеет значительный износ, который проявляется в утонении и наличии радиальных трещин по сварному шву. Можно предположить, что в процессе эксплуатации в зоне турбинного подшипника происходил износ облицовки, вследствие чего результаты измеренных до ремонта величин по уклону вала и общей линии вала имели отклонения. В период проведения ремонтных работ по результатам восстановления целостности поверхности происходило утонение облицовки. Причины износа облицовки в процессе эксплуатации могут быть связаны с отклонением зазоров по турбинному подшипнику, а также с вибрационными возмущениями.

Основные дефекты по спиральной камере и колоннам статорам носят схожий характер и заключаются в наличие значительного коррозионного поражения поверхности.

При обследовании выявлен коррозионный износ всей поверхности колонн статора (рис. 2) и частичный износ облицовки спиральной камеры с местами отслоения и разрушением видимой части клепочных соединений облицовки глубиной поражения более 5 мм. В соответствии с нормативной документацией при выявлении износа более 5 мм необходимо проводить специальные восстановительные мероприятия. При этом без проведения коррозионной зачистки определить фактическое состояние всей поверхности металла не представляется возможным.

По всем колоннам статора отмечается нарушение профиля входных кромок в связи с абразивным износом. Это разрушение не носит критичный характер, однако при эксплуатации может привести к ухудшению состояния металла

колонн. По большинству сегментов облицовки спиральной камеры имеется отклонения более



Рис. 1. Выборка металла в зоне сопряжения лопасти с ободом (красным овалом отмечена зона выборки)



Рис. 2. Нарушение профиля кромки, коррозионный износ поверхности колонны статора



Рис. 3. Коррозионный износ металлической части паза затвора отсасывающей трубы

15% в меньшую сторону по толщине, что может говорить о наличии утонения металла в процессе эксплуатации и потери изначальной его несущей способности.

Из результатов комплексного инструментального обследования следует, что облицовка конуса отсасывающей трубы имеет сплошное коррозионное поражение, которое оценочно не превышает 5 мм, что не является критическим дефектом. Отмечается незначительный абразивный износ поверхности. По облицовке отсасывающей трубы выявлены многочисленные дефекты как коррозионно-эрозионного характера, так и проявляемые в отклонении геометрических характеристик поверхности.

Отмечается сплошной коррозионный износ поверхности, также зафиксированы три зоны сквозного разрушения облицовки, которые в целом не носят критического характера и устраняемы типовыми ремонтными воздействиями. По результатам проведенной оценки твердости отмечается, что зона прилегания облицовки к забетонированной части имеет отклонение по твердости (337 НВ при среднем значении других участков облицовки 155 НВ) в сторону охрупчивания.

Визуальным контролем отмечаются зоны разрушения поверхностного слоя бетона в выходной части отсасывающей трубы с оголением крупного заполнителя, вырывами, пустотами и выступающими металлическими элементами. По результатам определения прочности бетона, фактический класс бетона по прочности варьируется. В правобережной стенке составляет В25, что соответствует проектным значениям, в левобережной стенке В20 ниже проектных значений, в своде отсасывающей трубы все методы контроля показали класс В15, что ниже проектных значений, бетон пазов затворов имеет класс В20.

Коррозионный износ металлической части паза затвора отсасывающей трубы и разрушение поверхностного бетонного слоя в месте сопряжения с металлическими частями показаны на рис. 3.

Выводы

1. Техническое состояние элементов водовода оценивается как «частично неработоспособное» из-за наличия значительного количества дефектов. В то же время эти дефекты не препятствуют преобразованию данного водовода для организации холостых сбросов воды при аварийной остановке ГЭС.

2. Отсасывающая труба имеет некоторые изменения геометрии сжатия, и при увеличении гидродинамической нагрузки или изменении ее характера может произойти повреждение бетона и его разрушение.

3. На стыке конуса и диффузора была обнаружена забетонированная зона, указывающая на наличие разрушения облицовки в нижней части в процессе эксплуатации. Эта часть испытывает значительные нагрузки от потока воды. На данных участках при дальнейшей эксплуатации может произойти повреждение металла облицовки.

4. Для возможности безопасной эксплуатации обследуемых узлов рекомендуется провести восстановление целостности поверхности уплотнений рабочего колеса; провести замену облицовки вала турбины на новую; восстановить целостность нижнего кольца, поверхности лопаток, лабиринтных колец направляющего аппарата. Металл спиральной камеры, колонн статора, отсасывающей трубы и ее конуса необходимо отремонтировать для устранения выявленных дефектов и отклонений.

5. Для обоснования прочности и надежности работы конструкций рекомендуется выполнить прочностные расчеты на фактические и увеличенные гидродинамические нагрузки для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bellendir E.N. Inspection of the hydroelectric power station construction September 2001 Power Technology and Engineering 35(9):478–480. DOI: 10.1023/A:1013773424556.
2. Ivanchenko I.P., Prokopenko A.N., Putsyn N.V. Assessment of the Technical Condition of Hydroturbine Equipment at the Irkutsk HPP After an Extended Period of Service. Power Technol Eng 49, 83–89 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10749-015-0579-1>
3. Analysis of approaches to assessing the actual condition, residual life and reliability of hydraulic turbine E3S / N.V. Baydakova, A.V. Afonin, O.I. Zhelyaskova, A.V. Blagochinnov, A.I. Kovalenko, S.A. Danilov // Web of Conferences 411, 01053 (2023) APEC-VI-2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341101053>
4. Ivanchenko I.P., Potemkin A.A. Reliability of bladed systems of hydraulic turbines, Power Engineering (NII Einformenergomash), 1, 40 (1986).
5. Georgievskaya E.V. Substantiation of methods and terms for diagnosing hydroturbines beyond the design service life. In: Vitality and Structural Materials Science (ZhivKom–2016), Proceedings of the international conf., 120–123 (2016).
6. Brekke H., 2010. Performance and safety of hydraulic turbines, 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems. DOI: 10.1088/1755-1315/12/1/012061.
7. Failure analysis of a Francis turbine runner / D. Frunzäverde, S. Muntean, G. Mărginean, V. Câmpian, L. Marşavina, R. Terzi, V. Şerban // 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, Beijing, China, 2012. DOI: 10.1088/1755-1315/12/1/012115.
8. Ha J.H., Kim C.H., 2009. A Study on the Performance Analysis of Francis Hydraulic Turbine. Journal of the Korean Society of Marine Engineering, 33 (7): 1052–1059. IEC 60193–1999. Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines-Model acceptance tests.
9. Lai X.D., 2004. Analysis and Estimation of Hydraulic Stability of Francis Hydro Turbine // Journal of Hydrodynamics, Ser. B, 16 (2): 194–200.

10. Pan L.P., 2002. Analysis of hydraulic stability of turbine // J. Changchun Inst. Tech. (Nat.Sci.Edi), 3 (4): 41–43.

11. Yan Z.G., Zhou L.J., Wang Z.W., 2012. Turbine efficiency test on a large hydraulic turbine unit // SCIENCE CHIN Technological Sciences, 55 (8): 2199–2205. DOI: 10.1007/s11431-012-4914-6.

Бритвин Сергей Олегович, директор, s_britvin@bk.ru, alexpostcom@mail.ru (ООО «АИР»); **Антонов Антон Сергеевич**, главный инженер по оборудованию и ГТС, доцент, antonov.an.s@yandex.ru (Филиал АО «Институт Гидропроект» – «НИИЭС»); **Юрченко Александр Николаевич**, канд. техн. наук, доцент, кафедра ГИГС (ИГЭС) YUrchenkoAN@mgso.ru, alexpostcom@mail.ru (НИУ МГСУ), зам. директора (ООО «АИР»).

УДК 627.5 (569.1)

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-7-11

ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

И.В. ГЛАЗУНОВА, С.Н. РЕДНИКОВ, К.З. НГУЕН

Ключевые слова: аэрогидродинамика, осаждение наносов, наносовоздушный поток, лабораторное моделирование.

Keywords: air-hydrodynamics, sediment deposition, air-sediment flow, laboratory modeling.

Аннотация. Цель работы заключалась в исследовании аэрогидродинамики условий формирования отложений искусственных и природных наносов в водных объектах. Планирование эксперимента выполнено по методике Х. Шенка. Обработка результатов эксперимента выполнена в программе MathCad и Solidworks.

Исследовались условия осаждения наносов в воздушном потоке воды и условия формирования направляемых мобильных дамб различной конфигурации. В результате серии лабораторных экспериментов и полевых апробаций определен диапазон расходов воды, параметры воздухонагнетающей установки и ее расположение в потоке для осаждения наносов заданной конфигурации и формирования направляемой мобильной дамбы на дне канала.

Abstract. The purpose of the work was to study the air-hydrodynamics of conditions for the deposition of the artificial and natural sediments in water bodies. The experiment was planned according to the method X. Shenka. The experimental results were processed in MathCad and Solidworks software.

The conditions of sediment deposition in the air stream of water and the conditions for the formation of guided mobile dams of various configurations were studied. As a result of a series of laboratory experiments and field tests, the range of water flow rates, the parameters of the air injection unit and its location in the stream for sedimentation of sediments of a given configuration and the formation of a guided mobile dam at the bottom of the channel were determined.

Введение. Актуальность проводимых исследований определяется выполненным анализом влияния антропогенной деятельности на гидрологию и режим осаждения наносов для рек Вьетнама. Например, для дельты реки Меконг, которая расположена полностью на территории страны строительство 30 плотин выше по течению, как во Вьетнаме, так и в сопредельных государствах привело к уменьшению наносообразования [1]. Усилило это влияние интенсивная добыча песчано-гравийных смесей и откачка подземных вод

для целей водоснабжения, приводящая к снижению межennaleго стока. Снижение твердого стока наносов в устье Меконга также связано с климатическими изменениями. Рост уровня океана способствует интрузии солей из моря по системе каналов и проток. Занос морских солей отрицательно сказывается на развитии рыбоводства и орошаемого земледелия в дельте реки.

В экономическом профиле бассейна сельское хозяйство является доминирующей экономической деятельностью. Кроме того, бассейн является самым важным сельскохозяйственным регионом Вьетнама, на долю которого приходится примерно 4 млн га орошаемых земель. Сельское хозяйство обеспечивает сырьем большую часть производственной деятельности бассейна, а также многие перерабатывающие компании за его пределами. Около 41 % населения Вьетнама – более двух миллионов человек – живет в бассейне реки. При анализе водохозяйственного профиля бассейна самым ценным ресурсом является сама вода [2].

Чтобы обеспечить надежную работу водозаборных сооружений оросительных систем и энергоснабжение, сток реки регулировался в течение многих лет. С тех пор, как были построены плотины, непрерывный ток реки поддерживался на всем протяжении Меконга. Плотины жизненно важны для сельскохозяйственного производства при управлении водными ресурсами в бассейне системы рек Меконга.

В нижнем течении построены оградительные дамбы, в результате эти районы больше не являются приливными и содержат только пресную воду [3]. Процесс наносообразования в реке важен, как для оградительных целей, так и для подготовки расчистки русла от наносов вблизи водозаборных сооружений на нужды орошения, сохранения природного ландшафта поймы реки, снижения трудовых и энергетических затрат путем исключения складирования и многократной разработки многочисленных конусов выноса отложений наносов

дорогостоящими механизмами, повышения экономичности работ путем оперативного использования наносов, например, для нужд строительных объектов, сооружений в русле и на пойме реки посредством транспортных средств.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнялись в лаборатории гидравлики института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова и на кафедре гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами в лотке, снабженном воздухоподнимающей установкой. Серия экспериментов проведена в 2023 г. на стандартном лотке со следующими характеристиками: высота – 44 см, ширина – 24,5 см; к лотку присоединена воздухоподъемная установка со следующими параметрами: расход воздуха – 25 л/с, давление нагнетания – 210 миллибар. Распределение воздушного потока осуществлялось с помощью перфорированного воздуховода с живым сечением по газу $1,8 \text{ см}^2$, зона перфорации состояла из трех рядов с межрядным расстоянием 5 мм и шагом отверстий 7 мм диаметром 1,5 мм вдоль все зоны перекрытия. В качестве материала, имитирующего наносы с плодородным илом, использовалась кукурузная крупа со средней величиной фракции 0,7...1,2 мм, как наиболее подходящая по характеристикам плотности и мехсоставу к наносам в реках, относящихся к речной системе реки Меконг во Вьетнаме, где в диапазоне крупности наносов 0,15...1,5 мм режим осаждения частиц является переходным [4, 5]. Моделирование наносов выполнялось на основе анализа гранулометрического состава и физических характеристик наносов реки Ло системы реки Меконг.

При их изучении следует учитывать особенности геоморфологии, литологии и водного режима исследуемой территории, что отражено в ряде методических и нормативно-методических документов ГОСТ 17.1.5.01–80, СП 11-104–97, СП 11-114–2004. Средний диаметр взвешенных наносов принят в размере 0,8 мм. Коэффициенты шероховатости определялись обратным расчетом по формулам Маннинга и Шези при известных расходах.

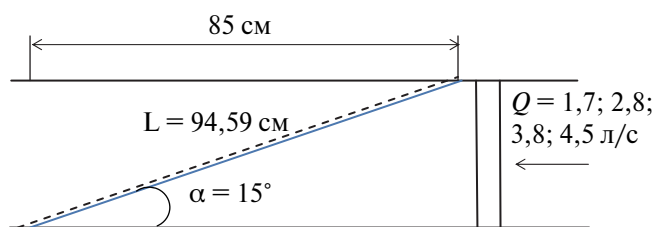


Рис. 1. Схема установки воздушной завесы в эксперименте

Теория движения взвешенных частиц в турбулентном потоке при малой концентрации представлена в [6, 7]. В [8] учитывается кулоновское сухое трение между твердыми частицами, движущимися в жидкости. В [9–12] исследование движения смеси жидкости и твердых частиц проводится с помощью реологического соотношения в виде комбинации сухого трения для твердой фазы и вязкого трения для жидкой. Изучалось одномерное турбулентное течение над ровным дном.

Лабораторный эксперимент заключался в фиксировании изменения скоростей потока перед гидродинамической установкой, изучении ее влияния на осаждение наносов, конфигурацию их отложений и создании условий формирования искусственных перегородок из наносов, вызванного изменениями значений факторов. При планировании эксперимента внутри диапазона допустимых изменений значения каждого фактора (от x_{\min} до x_{\max} , $i=1...4$) выбран ряд промежуточных значений: например, 4 возможных значения расходов и 4 различных угла расположения гидродинамической установки по отношению к потоку [13], также параметры воздействия на поток, создаваемые гидродинамической (интенсивность воздушного потока, частота и расположение отверстий в патрубке установки). Было запланировано 50 опытов.

Использовался способ струйного осаждения наносов в двухфазном потоке. Сущность способа заключается в интенсификации осаждения различных фаз наносов в рабочем пространстве лотка, когда увеличивают степень турбулентности фазонесущего потока за счет подачи под углом к этому потоку воздушной завесы из струй, истекающих из сопел при разных скоростях. Определены основные параметры воздушной завесы, и в частности: угол атаки струй воды к поверхности осаждения, число сопел, относительное расстояние между соплами, величина шага отверстий, соотношение массовых расходов завесы и основного потока (рис. 1).

Эксперимент заключается в фиксировании объема осевших наносов, параметров оседания и длины пути их трансфера, конфигурации оседания наносов с целью формирования перегородок в русле, вызванного влиянием параметров аэрогидродинамической установки и ее расположением в лотке. Плотность наносов составила 720 г/л (кг/м^3), объемная масса наносов – $1,4 \text{ л/кг}$ ($\text{м}^3/\text{т}$). Защита воздухоподъемной установки от занесения наносами выполняется с помощью защитно-фильтрующего материала «Фислон».

Процессы осаждения естественных наносов изучались на рыбопродуктивных прудах в 2023 г.

На рабочий орган земснаряда навешивалась система струйного осаждения наносов в воздушном потоке (воздух подавался с платформы земснаряда воздухоматетелем). Исследование формирования гряд из отложений наносов на дне пруда выполнялось типовыми гидрологическими методами с лодок, а также с помощью видеокамеры с оптико-волоконными зондами. Методики выполнения съемки рельефа дна разные. Традиционная гидрографическая съемка осуществляется таким же способом, как и топографическая горизонтальная съемка: прибор устанавливается на суше, а геодезист с отражателем на плавательном судне (лодка, катер) ставит специальную вежу (мерный шуп) на дно водоема. При глубине водоема до 7 м это выполняется без помощи водолазов. В случае, когда глубина водоема более 7 м низ вежи удерживает водолаз, находясь на глубине водоема, а длина используемой телескопической вежки составляет до 12 м.

Когда водоем широкий и расстояние от лодки до прибора большое используют спутниковые методики выполнения работ. Как правило, данная методика выполняется при небольших глубинах, когда оператору легко удержать вежку в воде, на которой установлена спутниковая геодезическая антенна. При глубинах свыше 12 м необходимо использовать профессиональный гидрографический эхолот и картплотер [14]. Это самый современный способ определения глубин. Современные профессиональные эхолоты предназначены для выполнения промерных и гидрографических работ на внутренних водоемах, в прибрежных и морских акваториях на глубинах от 0,5 до 1000 м.

Чтобы данные были максимально достоверными их необходимо фиксировать с самого водоема, для этого специалисты на плавательном судне снимают показания с прибора. Гидрографический эхолот предусматривает использование первого одночастотного излучателя и второго двухчастотного излучателя, подключаемых к эхолоту отдельно. Средства обработки отраженных зондирующих импульсов учитывают физические свойства водной среды, обеспечивают разбиение диапазона сканирования на интервалы времени и (или) дальности, в которых последовательно выделяют наибольшую интенсивность отражения, и формируют изображение профиля дна и осциллограммы отраженного сигнала.

Обработка результатов гидрографических изысканий выполняется с помощью геодезического программного обеспечения или специализированных гидрографических продуктов, а также

зачастую высчитываются вручную (домеры до дна водоемов).

На нашей практике есть также «зимний» способ съемки дна водоема. Когда при замерзании водоемов более чем на 10 см во льду с помощью коловорота делаются лунки, они координируются в плане, и с них же можно непосредственно выполнить промеры глубин.

Еще одним способом исследования дна водоема является использование специальных геолокационных приложений. Такие приложения позволяют собрать координаты точек на дне водоема и создать цифровую модель рельефа водоема. Для этого пользователю достаточно пройти по дну водоема, учитывая изменение глубины и подключаясь к приложению через бортовую сеть GPS смартфона. Полученная модель рельефа может использоваться в дальнейшем для анализа дна или генерации карт [14].

Все вычисления произведены в комплексе MathCad15 и Solidworks. При статистической обработке использовались две выборки полученных результатов по планированию осаждения наносов в движущемся потоке воды с помощью направляемого потока воздуха.

Результаты и их обсуждение. В лабораторном опыте для каждого эксперимента определялась скорость воды перед аэрогидродинамической установкой, деленная на площадь поперечного сечения, изучались геометрические характеристики области осаждения наносов по зонам аэрогидродинамического влияния на них.

Построены графики зависимости скорости от величины полного осаждения при разных расходах и разных углах расположения аэрогидродинамической установки к оси лотка (рис. 2).

Моделирование показало, что наиболее благоприятный диапазон скоростей потока при заданных параметрах воздухоматетельной установки составляет от 1,7 до 4,5 л/с, при этом задан-

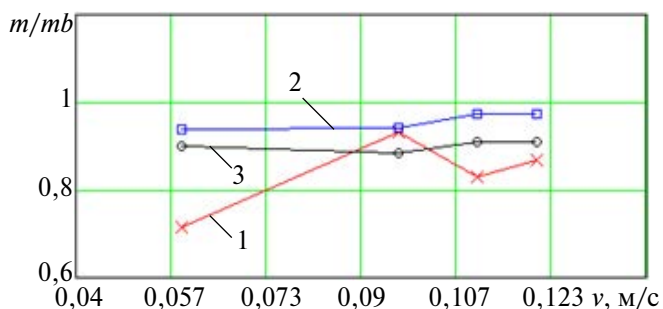


Рис. 2. Анализ эффективности осаждения частиц в зависимости от ориентации зондырующей установки и угла установки:
1 – 15°; 2 – 30°; 3 – 45°

ную конфигурацию гребней наносных отложений получали при скорости 2,8 и 3,8 л/с, что соотносится с природными скоростями в рассматриваемой речной системе, где в отлив средняя скорость у обоих берегов реки Ло всего около 0,02 м/с, а в забаражированных системах прудов и озер, скорости воды в отлив составляют 2...7 л/с.

При апробации результатов лабораторных опытов на прудах выполнялись отборы проб из сформированных гребней отложений наносов на дне с помощью землесосного оборудования. Наносы отфильтровывались с помощью защитно-фильтрующих материалов, проводились анализы гранулометрического состава [15–18].

Выводы. В ходе проведения физического и численного экспериментов выявлены зоны наибольшей концентрации наносов в каналах с наклонным расположением наносоосаждающих (наносоотклоняющих) завес. Наибольшую эффективность осаждения удалось получить при угле ориентации установки завесы в 30° по отношению к оси потока в диапазонах скоростей потока до 0,12 м/с. Результаты численного моделирования позволили уточнить поле вертикальных составляющих скоростей в потоке с использованными воздушными преградами в рассматриваемом диапазоне скоростей.

В результате выполненных модельных лабораторных гидравлических исследований определены область и направление решения гидравлических задач, связанных с управлением осаждением насосов, обеспечивающих возможность формирования гибких, подвижных дамб перегоронок для накопления наносов в заданных частях русла реки в целях решения названных выше проблем транспорта наносов с плодородным илом во Вьетнаме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чан Х.Т. Эколого-гидрологические проблемы дельты реки Меконг // Водное хозяйство России. 2019. № 1. С. 24–39.
2. Мосяков В.Д. Некоторые аспекты современного положения в Юго-Восточной Азии и России. URL: <https://www.ivran.ru/articles?&page=17> (дата обращения: 4.02.2024).
3. Тхай Т.К.Т. Совершенствование мобильных водонаполняемых дамб для противопаводковой защиты в условиях дельты реки Меконг (Вьетнам): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07. М., 2014. 18 с.
4. Хещуриани Е.Д. Научно-технологическое обустройство водозаборных сооружений оросительных систем на юге России: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Саратов, 2022.
5. Нгуен К.З., Глазунова И.В. Вопросы при исследовании транзита наносов с плодородным илом для речных бассейнов // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: материалы IX Международной научно-практической конференции (Саратов, 27–28 апреля 2022 г.). Саратов: Амирит, 2022. С. 57–61. EDN KBRDYP.
6. Bagnold R.A. The flow of cohensioless grains in fluids // Philos. Trans. Roy. Soc. London. Ser. A. 1956. V. 249. P. 235–297.

7. Kobayashi N. Fluid and sediment interaction over a plan bed // J. Hydraul. Engng. 1985. V. 111, № 6.
8. Wilson K.C. Analysis of bed-load motion at high shear stress // J. Hydraul. Engng. 1987. V. 113, № 1. P. 97–103.
9. Nnadi F.N., Wilson K.C. Motion of contact-load at high shear stress // J. Hydraul. Engng. 1992. V. 118, № 12. P. 1670–1684.
10. Петров А.Г., Петров П.Г. Перенос взвешенных частиц турбулентным потоком над размываемым дном // ПМТФ. 1992. № 4. С. 61–69.
11. Колмогоров А.Н. О новом варианте гравитационной теории движения взвешенных частиц наносов // Вестник МГУ. Сер. физ.-мат. и естеств. наук. 1954. № 3. С. 41–45.
12. Баренблатт Г.И. О движении взвешенных частиц в турбулентном потоке, занимающем полупространство или плоский открытый канал конечной глубины // Прикл. математика и механика. 1955. Т. 19, № 1. С. 61–88.
13. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. М.: Мир, 1972.
14. Найгерг К.В., Редников С.Н. Технологии управления расходными характеристиками потока посредством изменения реологических свойств рабочих сред // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение». 2016. Т. 16, № 2. С. 52–60. DOI: 10.14529/engin160206. EDN WBOWFF.
15. Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. Мировой опыт эффективного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2010. № 6(30). С. 72–77.
16. Kireicheva L.V., Glazunova I.V. Natural sorbents for detoxification of contaminated soils // Fertility. 2008. No. 6(45). P. 44–46. EDN KUCNMH.
17. Водохозяйственная система с территориально-временным регулированием стока / Л.Д. Раткович, И.В. Глазунова, С.А. Соколова, В.Н. Маркин. – М.: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. 70 с. EDN LKHNYAY.
18. Экологическая безопасность сельского хозяйства и сельскохозяйственной продукции – реальные шаги / М.В. Барсукова, И.В. Глазунова, Т.С. Король, Н.В. Лагутина // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2020. № 8. С. 7–10. DOI 10.37882/2223–2966.2020.08.02.

REFERENCES

1. Chan H.T. Ecological and hydrological problems of the Mekong Delta. Scientific and practical journal // The water industry of Russia. 2019. № 1. Pp. 24–39.
2. Mosyakov V.D. Some aspects of the current situation in Southeast Asia and Russia. URL: <https://www.ivran.ru/articles?&page=17> (date of request: 02/24/2024).
3. Thai Thi Kim Thi. Improvement of mobile water-filled dams for flood protection in the Mekong Delta (Vietnam) Specialty 05.23.07 – Hydraulic engineering abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences, Moscow, 2014. 18 p.
4. Hetsuriani E.D. Scientific and technological arrangement of water intake structures of irrigation systems in the south of Russia: abstract ... Doctor of Technical Sciences. Saratov, 2022.
5. Nguyen K.Z., Glazunova I.V. Issues in the study of the transit of sediments with fertile silt for river basins // Innovations in environmental management and protection in emergency situations: proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference (Saratov, April 27–28, 2022). Saratov: Amirit LLC, 2022. Pp. 57–61. EDN KBRDYP.
6. Bagnold R.A. The flow of cohensioless grains in fluids // Philos. Trans. Roy. Soc. London. Ser. A. 1956. V. 249. P. 235–297.
7. Kobayashi N. Fluid and sediment interaction over a plan bed // J. Hydraul. Engng. 1985. V. 111, № 6.

8. Wilson K.C. Analysis of bed-load motion at high shear stress // J. Hydraul. Engng. 1987. V. 113, № 1. P. 97–103.
9. Nnadi F.N., Wilson K.C. Motion of contact-load at high shear stress // J. Hydraul. Engng. 1992. V. 118, № 12. P. 1670–1684.
10. Petrov A.G., Petrov P.G. Transfer of suspended particles by a turbulent flow over a washed-out bottom // PMTF. 1992. № 4. Pp. 61–69.
11. Kolmogorov A.N. On a new version of the gravitational theory of motion of suspended particles of sediments // Vestn. MSU. Ser. phys.-mat. and nature. sciences. 1954. № 3. Pp. 41–45.
12. Barenblatt G.I. On the motion of suspended particles in a turbulent flow occupying a half-space or a flat open channel of finite // depth. mathematics and mechanics. 1955. Vol. 19, № 1. Pp. 61–88.
13. Schenk H. Theory of engineering experiment. M.: Mir, 1972.
14. Naygert K.V., Rednikov S.N. Technologies for controlling flow characteristics by changing rheological properties of working media // Bulletin of the South Ural State University. Series «Mechanical Engineering». 2016. T. 16, No. 2. Pp. 52–60. DOI: 10.14529/engin160206. EDN WBOWFF.
15. Kireicheva L.V., Glazunova I.V. World experience of effective use of water resources in agriculture // Water treatment. Water treatment. Water supply. 2010. No. 6(30). Pp. 72–77.

16. Kireicheva L.V., Glazunova I.V. Natural sorbents for detoxification of contaminated soils // Fertility. 2008. No. 6(45). P. 44–46. EDN KUCNMH.
17. Water management system with territorial and temporal regulation of runoff / L.D. Ratkovich, I.V. Glazunova, S.A. Sokolova, V.N. Markin. M.: Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Agricultural Academy, 2020. 70 p. EDN LKHNYA.
18. Ecological safety of agriculture and agricultural products – real steps / M.V. Barsukova, I.V. Glazunova, T.S. Korol, N.V. Lagutina // Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences. 2020. No. 8. Pp. 7–10. DOI 10.37882/2223–2966.2020.08.02.

Глазунова Ирина Викторовна, канд. техн. наук, доцент, *Orchid 0000-0003-4931-2008, SPIN-код: 7508-2272, AuthorID: 127917, ivglazunova@mail.ru*, кафедра гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами; **Редников Сергей Николаевич**, д-р техн. наук, доцент; *Orchid 0000-0003-3435-7166; SPIN: 6267-1900, AuthorID: 119444; srednikov@mail.ru*; кафедра гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами; **Нгуен Кхань-Зуи**, аспирант, *Nguyenduy@tqu.edu.vn* (Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева).

УДК 556.555.2

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-11-16

МОНИТОРИНГ ВОДОХРАНИЛИЩА 16 ТИШРИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Х. АЛАЛИ, А.В. ПЕРМИНОВ

Ключевые слова: QGIS, 16 Тишрин, река Ал Кабир Ал Шамали, ЦМР, профиль реки, водохранилище, площадь, объем, уровень.

Keywords: QGIS, 16 Tishrin, Al Kabir Al Shamali River, DEM, river profile, reservoir, area, volume, height.

Аннотация. Исследование направлено на улучшение управления водными ресурсами путем оценки кривых «площадь–объем–высота» (ПОУ) 16 Тишрин водохранилища. Используя ГИС-технологии и данные цифровой модели рельефа (ЦМР) высокого разрешения, полученные в ходе радарной топографической миссии Shuttle (SRTM) 30, мы применяем две различные методологии в рамках QGIS 3.30.1 (первый способ без изменения в структуре ЦМР, а второй с изменением в структуре ЦМР) для выведения математических зависимостей. Эти взаимосвязи определяют зависимость между высотой и объемом водохранилища, а также его площадью и объемом. Учитывая проблемы, с которыми сталкивается Сирия, такие как нехватка данных, проблемы доступности и высокая стоимость, дистанционное зондирование становится жизненно важным инструментом для последовательного сбора данных. Рассчитанные кривые ПОУ не только позволят точно оценить объем водохранилища, что крайне важно для гидрологического анализа, инженерных проектов и управления водными ресурсами, но и внесут вклад в со-

здание гидрологических баз данных. Эти базы данных играют важную роль в решении проблем, связанных с водными ресурсами, и способствуют оптимизации методов управления водными ресурсами. Используя передовые технологии ГИС и дистанционного зондирования, данное исследование стремится обеспечить экономически эффективное и доступное решение для удовлетворения насущной потребности в точных гидрологических данных в регионе.

Abstract. The aim of this study is to improve water management by estimating the area–volume–height (AVH) curves of 16 Tishreen Reservoir. Using Gis technologies and high-resolution digital elevation model (DEM) data from the Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) 30, we apply two different methodologies within QGIS 3.30.1 (the first method without modification to the DEM structure and the second with modification to the DEM structure) to derive mathematical relationships. These relationships define the interdependence between reservoir height and volume, and reservoir area and volume. Given the challenges faced by Syria such as data scarcity, accessibility issues and high cost, remote sensing becomes a vital tool for consistent data collection. The calculated AVH curves will not only allow accurate estimation of reservoir volume, which is crucial for hydrological analysis, engineering projects and water management, but will also contribute to hydrological databases. These databases play an important role in solving water-related problems and help optimize water management practices. By utilizing advanced GIS and remote sensing technologies, this study aims to provide a cost-effective and affordable solution to the pressing need for accurate hydrological data in the region.

Работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет–2030»

Введение. Мониторинг и защита стратегических сооружений, таких как плотины, в режиме реального времени необходимы, поскольку они имеют социальное, экономическое и экологическое значение. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование играют важную роль в мониторинге и оптимизации управления водными ресурсами, особенно плотинами. ГИС и дистанционное зондирование могут использоваться для поддержки широкого спектра мероприятий по управлению водными ресурсами, включая мониторинг и безопасность плотин; управление засухой, наводнениями, качеством воды [1, 2].

Геоинформационные системы и дистанционное зондирование обычно используются для управления и мониторинга плотин по нескольким направлениям, включая мониторинг инфраструктуры плотины, контроль уровня и расхода воды, прогнозирование водосбросов и оценку последствий эксплуатации плотины.

Оценить кривые «площадь–объем–уровень» (ПОУ) водохранилища является важным процессом для оптимизации управления водными ресурсами, контроля наводнений и гидрологического моделирования. Точная оценка объема водохранилища необходима для правильного планирования, эксплуатации и обслуживания водохранилищ. Данные цифровой модели рельефа (ЦМР) играют решающую роль в этом процессе, поскольку они предоставляют необходимые данные о рельефе для точных расчетов объема [1, 2].

Геоинформационные системы с использованием ЦМР позволяют с наименьшими затратами получить очень важные данные для мониторинга и обеспечения безопасности плотин, а также предотвратить повреждение конструкции плотины из-за возможности подъема уровня воды, превы-

шающего допустимый предел. Они также помогают обеспечить способность плотины хранить необходимую воду, использующие в различных сферах деятельности человека [3].

Целью исследования являлось построение кривой ПОУ из ЦМР двумя способами и проверить надежность полученных данных, а также получить математические уравнения, выражающие взаимосвязь между объемом высоты и объемом площади.

Объект исследования. В 1976 г. началось строительство плотины 16 Тишрин на реке у села Касмин, проект завершен в 1987 г. [5–8, 13, 14]. Плотина расположена на реке Ал Кабир Ал Шамали. Бассейн Ал Кабир является одним из крупнейших бассейнов в прибрежном районе.

Плотина состоит из семи озер разного размера, которые питают примерно половину сельскохозяйственных угодий в области Латакия, а также обеспечивают питьевой водой более 200 городов, деревень и районов. Плотина также является важной туристической развлекательной зоной, благодаря уникальной системе водосброса, когда вода поднимается до нормального подпорного уровня, который составляет 74,65 м и выше. Вода сбрасывается в kloкочущую 40-метровую воронку [5, 8].

Процесс является частью системы «наполнения и пропуска паводков в водохранилище», который также включает поэтапное открытие шлюзов, связанных с повышением этого уровня.

Система гарантирует безопасный слив воды сверх отметки НПУ водохранилища плотины, и это происходит с высокой точностью и прямым контролем, связанным с метеорологической станцией, которая предоставляет необходимую информацию об интенсивности осадков [9].

Плотина 16 Тишрин расположена в северо-западном районе Сирийской Арабской Республики на восточном побережье Средиземного моря в области Латакия, примерно в 20 км к северо-востоку от города Латакия, в русле реки Ал Кабир Ал Шамали, расположенной между двумя горными массивами сирийских прибрежных горных хребтов. Площадь бассейна реки Ал Кабир Ал Шамали от ее начала в верхнем бассейне до участка плотины 16 Тишрин составляет 929 км² на территории Сирии. Среднее количество осадков по всему бассейну оценивается в 1000 мм/год. Характеристика плотины представлена в табл. 1 [6, 7].

Материалы и методы исследования. Использовано ЦМР (SRTM 30) для расчета объема и площади воды на объекте исследования. SRTM 30 – это цифровая модель рельефа, используемая для определения высоты земли и местности по всему

Таблица 1

Характеристика плотины 16 Тишрин

Показатель	Величина
Полный объем водохранилища соответствует НПУ, млн м ³	210
Полезный объем водохранилища, млн м ³	120
Высота плотины, м	52
Ширина по верху плотины, м	12
Длина плотины по верху, м	915
Ширина базовой плотины, м	240
Уровень мертвого объема (УМО), м	63,65
Нормальный подпорный уровень (НПУ), м	74,65
Форсированный подпорный уровень (ФПУ), м	78,4
Гребень, м	81,65

миру. Эта модель создана с использованием радиолокационных данных, собранных в ходе миссии NASA SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), запущенной в 2000 г. Модель содержит данные о высоте с разрешением 30 м, что делает ее одной из самых точных моделей для определения высоты Земли [10].

Для расчета использовали два разных способа.

1. Первый способ без изменения структуры ЦМР: в этом способе загрузили ЦМР и импортировали его в программу QGIS. Очень важно отметить, что данные имеют географические координаты WGS 84, а это не подходит для каких-либо измерений, поэтому нужно менять систему координат и использовать либо Universal Transverse Mercator (UTM) или Equal Area Cylindrical при сохранении географического положения.

Для нашего объекта авторы использовали координаты WGS 84/UTM zone 37N, затем алгоритм извлечения контурной карты из ЦМР с целью найти контурную линию, которая содержит максимальную зону затопления. Контур равен 88,6 м, который редактируется, чтобы выглядел как наш объект, потом преобразуем контурную линию в многоугольник. Следующий шаг — это извлечение ЦМР под наш объект.

Последний шаг: вычисляем соотношение между высотой и объемом, используя ЦМР, выбираем инструмент Raster surface volume (объем поверхности раstra) и алгоритм подсчета только ниже базового уровня (count only below base level). Алгоритм, по существу, подсчитывает только те ячейки ниже базового уровня, которые считаются погруженными, и вычисляет их объем. Такой подход обеспечивает более точную оценку количества воды, которое может быть извлечено из водохранилища, поскольку учитывается объем только тех ячеек, которые содержат воду. Однако он не включает объем открытой части ячеек ниже базового уровня, что может быть важно для других видов анализа [13, 14].

2. Второй способ изменения структуры ЦМР: выполняются те же действия, начиная с загрузки цифровой модели рельефа и изменения координат, как и в первом способе, затем редактируются данные, которые зашифрованы в структуре ЦМР. Это возможно с использованием инструмента Serval, поправка имеет форму линии в месте расположения плотины, и получаем значение высоты плотины с гребнем 81,65 м.

Следующий шаг — извлечение контурных линий из ЦМР с интервалом 0,5 м для нашего объекта, обработка этих линий, т. е. отпускаем только контурные линии на наш объект, потом преобра-

зуем контурные линии в многоугольники и вычисляем площадь многоугольников способом геометрии.

Последний шаг: полученные данные импортировали в программу Excel и находили объем с помощью уравнений:

$$V_i = \frac{A_i + A_{i+1}}{2} h,$$

где V_i — объем определенного уровня; A_i — площадь самого низкого уровня — 71,5 м; A_{i+1} — площадь следующего уровня — 72 м; h — уровень.

$$V_{\text{Аккумуляция}} = \sum_{i+1}^i V_i,$$

где $V_{\text{Аккумуляция}}$ — объем водохранилища; $\sum_{i+1}^i V_i$ — сумма объема в каждом уровне.

В конце полученные данные обоих способов импортировали в программу Excel и обработали с настоящими данными, полученными из Maan Bovo 2019 г., чтобы исправить ошибку в высоте и объеме [7].

После коррекции данных, полученных с помощью ЦМР в программе Excel, можно использовать полиномиальные функции, чтобы рассчитать объем водохранилища, если все, что известно, — это площадь его поверхности или высота уровня воды.

Результаты и обсуждение. В течение года водохранилище наполняется либо опорожняется водой в зависимости от баланса между притоком и оттоком. Если можно измерить уровень воды или площадь зеркала водохранилища, тогда можно рассчитать объем воды в водохранилище.

Уровень воды в водохранилище, когда миссия SRTM выполнялась, была 71,4 м. Из-за того, что радар не может проникать сквозь воду на отметке ниже 71,4 м, SRTM не может дать возможность узнать топографию ниже этой отметки [11, 12].

Высота контурной линии, которая находилась, чтобы вычислять объем воды в водохранилище в первом способе, несколько выше, чем высота плотины и водосброса, но это неплохо, поскольку собрать слишком много информации лучше, чем слишком мало.

Во втором способе, также как и в первом, уровень воды начинается у отметки от 71,5 до 82 м. Результаты обоих способов представлены в виде диаграмм, построенных авторами в программе Grapher (рис. 1).

Следует отметить, что рельеф водохранилища сложный, он проходит между горами и внутри водохранилища есть гора, поэтому и во вто-

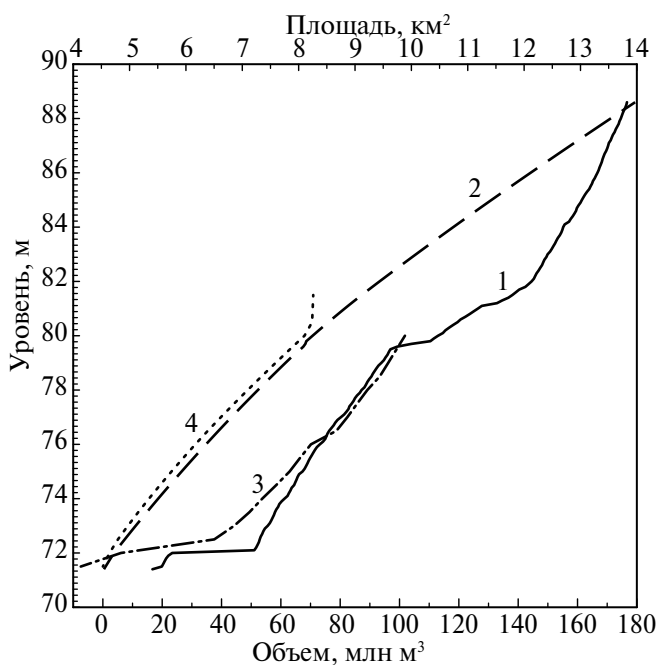


Рис. 1. Диаграмма площади и объема воды водохранилища 16 Тишрин по данным SRTM 30: 1, 2 – для первого способа; 3, 4 – для второго способа

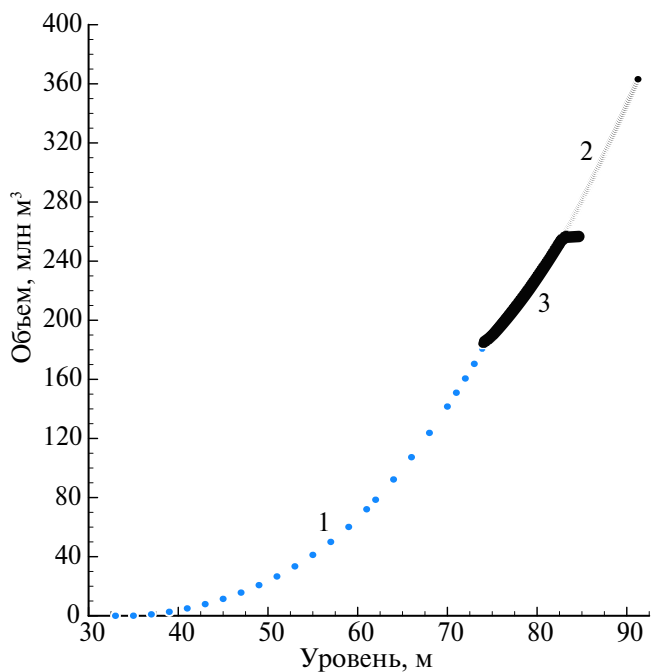


Рис. 2. Коррекция объема и высоты SRTM 30 с физическим измерением (1) данных [7] (построена авторами по программе Grapher): 2 – первый способ; 3 – второй способ

ром способе есть контурные линии выше, чем гребень 81,65 м.

Как упомянуто выше, важно угадать, в чем разница между SRTM 30 и дата Маан Vobo 2019 г. Это сделали в программе Excel путем сопоставления данных друг с другом (рис. 2).

Результат коррекции ЦМР представлен в табл. 2, из которой можно сказать, что первый способ более надежнее, чем второй.

Результат исправления данных ЦМР в обоих способах хороший и ошибка высоты ЦМР небольшая, несмотря на то, что рельеф достаточно сложный.

В результате использования полиномиальных функции, получены два уравнения для мониторинга поверхности водохранилища 16 Тишрин. Коррекция данных позволяет получить объем воды в зависимости от площади и уровня:

$$y = -3.12638803734444E - 13X^6 + 1.36478159761561E - 11X^5 - 1.74819219703569E - 10X^4 + 2.85418558277530E - 09X^3 - 4.07699824086193E - 08X^2 + 1.75889439793553E + 01X - 7.04204092209065E - 07;$$

$$y = 7.61090308970536E - 08h^6 - 2.61023994768406E - 05h^5 + 3.66795272151828E - 03h^4 - 2.68706785370995E - 01h^3 + 1.08935658041082E + 01h^2 - 2.32143074178306E + 02h + 2.02815522971658E + 03,$$

где y – объем воды в водохранилище, млн m^3 ; X – площадь зеркала водохранилища, km^2 ; h – уровень воды, м.

Таблица 2

Коррекция и отклонение данных цифровых моделей рельефа от данных [7]

Способ решения	Ошибка		Отклонение в объеме SRTM, %, при НПУ 74,65 м	
	в высоте ЦМР, м	в объеме ЦМР, млн m^3	без исправления от физически измеренных данных	после исправления от физически измеренных данных
Первый (без изменения структуры ЦМР)	2,65	183,7	87,51	0
Второй (с изменением структуры ЦМР)	2,65	185,6	89,70	0,2

Стоит отметить, что самый высокий процент погрешности расчета объема по площади зеркала водохранилища составляет 0,00139% с коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2 = 1.00000000721454E + 00$, а самый высокий процент

погрешности расчета объема по уровню – 6,07% с $R^2=9.99958658221292E-01$.

Выводы. Понимание кривых ПОУ водохранилища имеет решающее значение для эффективного управления водными ресурсами. Эта информация дает четкое представление о количестве воды, которое может храниться в водохранилище на разных уровнях, что необходимо для планирования и распределения водных ресурсов. Зная объем кривых ПОУ, лица принимающие решения, могут сделать осознанный выбор в отношении водораспределения, сохранения и реагирования на чрезвычайные ситуации. Эти знания также имеют решающее значение для обеспечения безопасности плотины и прилегающих территорий, поскольку позволяют точно прогнозировать потенциальные риски наводнений. В целом понимание кривых ПОУ водохранилища имеет важное значение для устойчивого и эффективного управления водными ресурсами.

В конце исследования можно сказать, что оба способа надежные, но только после коррекции. Следует отметить, что каждый объект индивидуальный и данные, полученные через ЦМР, имеют разные значения в зависимости от способа наполнения водохранилища.

Полученные уравнения имеют высокую точность, но в пределах высот от 35 до 74,6 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кебеде С., Могес С.А., Тилахун С.А. Оценка объема водохранилища с помощью методов дистанционного зондирования и ГИС: на примере водохранилища Кока, Эфиопия // Исследование экологических систем. 2017. Т. 6, № 1. С. 1–8.
2. Применение нового метода расчета объема водохранилища с использованием данных цифровой модели рельефа / Х. Ванг, Ж. Чжан, Й. Ли, К. Хуанг // Журнал гидрологии, 564. 2018. С. 277–286.
3. Куссул Н., Колотий А., Шелестов А. Расчет объема водохранилища с использованием данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий: на примере Каховского водохранилища, Украина // Управление водными ресурсами. 2017. Т. 31, № 1. С. 159–172.
4. Мониторинг поверхности и уровня воды в водохранилище с использованием различных подходов дистанционного зондирования и сравнение со смещениями плотины, оцененными с помощью ГНСС / К. Пипитоне и др. // Дистанционное зондирование. 2018. Т. 10, № 1. 71 с.
5. Хайтам Д., Каукаб Х., Раним М. Исследование качества воды водохранилища 16 Тишрин // Вестник Тишринского университета. Серия «Инженерные науки». 2013. Т. 35, № 9. С. 167–182.
6. Форкуор Г., Маатуис Б. Сравнение цифровых моделей рельефа SRTM и ASTER над двумя регионами в Гане – последствия для гидрологического и экологического моделирования. Лондон: Изд-во открытого доступа ИНТЕХ. 2012. С. 219–240.
7. Маан Б. Расчет фактической емкости и объема осадков в озере 16 Тишринской плотины в Латтакии топографическим методом // Вестник Тишринского университета. Серия «Инженерные науки». 2019. Т. 41, № 1. С. 25–42.
8. Алали Х., Перминов А.В. Испарение воды из водохранилища 16 Тишрин в Сирии: измерение объема и оценка экономических последствий // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 3. С. 314–331. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-314-331.
9. Михеев П.А., Саббух Х.Ш., Исмаил Х.А.А. О возможности подготовки питьевой воды из поверхностных источников Сирии // Природообустройство. 2022. № 1. С. 93–101. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-93-101. EDN ОНСМЗВ.
10. Киратикасикорн К., Трисирисатайвонг И. Реконструкция 30-метрового дна с 90-метровой ЦМР SRTM методом бикубической полиномиальной интерполяции // Международный архив наук о фотограмметрии, дистанционном зондировании и пространственной информации. 2008. Т. 37. С. 791–794.
11. Анализ объема воды, длины, общей площади и площади затопления водохранилища «Три ущелья» (Китай) по данным ЦМР SRTM / Й. Ванг и др. // Международный журнал дистанционного зондирования. 2005. Т. 26, № 18. С. 4001–4012.
12. Хасанов К. Оценка данных ASTER ЦМР и SRTM ЦМР для определения площади и объема водохранилища // Серия конференций ИОП: Наука о материалах и инженерия. ИОП Изд-во, 2020. Т. 883, № 1. 012063 с. DOI: 10.1088/1757-899X/883/1/012063.
13. Кондеша Ж., Насименто Ж., Баррейрас Н. Мониторинг объемов хранения водохранилищ с помощью Гугл Планета Земля // Исследование водных ресурсов. 2022. Т. 58, № 3. С. e2021WR030026.
14. Морфометрический анализ бассейн реки Ал Кабир Ал Шамали в Сирии с использованием изображения ASTER (цифровая модель рельефа) на основе ГИС-технологии / Х. Алали, А.В. Перминов, С.Н. Редников, Е.С. Алсадек // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2024. Т. 10. № 1. С. 46–58.

REFERENCES

1. Kebede S., Moges S.A., Tilahun S.A. Estimation of reservoir volume using remote sensing and GIS techniques: a case study of Koka Reservoir, Ethiopia. *Environmental Systems Research*. 2017. Vol. 6, № 1. Pp. 1–8.
2. Wang X., Zhang J., Li Y., Huang Q. Application of a new reservoir volume calculation method using digital elevation model data // *Journal of Hydrology*, 564. 2018. Pp. 277–286.
3. Kussul N., Kolotii A., Shelestov A. Reservoir volume calculation using remote sensing data and GIS technology: a case study of the Kakhovka reservoir, Ukraine // *Water Resources Management*. 2017. Vol. 31, № 1. Pp. 159–172.
4. Pipitone C. et al. Monitoring water surface and level of a reservoir using different remote sensing approaches and comparison with dam displacements evaluated via GNSS // *Remote Sensing*. 2018. Vol. 10, № 1. Pp. 71.
5. Haitham J., Kawkab H., Raneem M. A study of the water quality of the 16th Tishrin Dam Lake // *Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series*. 2013. Vol. 35, № 9. Pp. 167–182.
6. Forkuor G., Maathuis B. Comparison of SRTM and ASTER derived digital elevation models over two regions in Ghana-Implications for hydrological and environmental modeling. London: INTECH Open Access Publisher, 2012. Pp. 219–240.
7. Maan B. Calculation of Actual Storage Capacity and the Sediments Volume in the Lake of 16 Tishreen Dam in Lattakia by Topographic Methods // *Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series*. 2019. Vol. 41, № 1. Pp. 25–42.
8. Alali H., Perminov A.V. Evaporation of water from the 16 Tishrin Reservoir in Syria: volume measurement and assessment of economic consequences // *Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023. Vol. 13, № 3. Pp. 314–331. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-314-331.

9. Mikheev P.A., Sabbuh H.S., Ismail H.A.A. On the possibilities of drinking water treatment from surface sources of Syria // Nature Management. 2022. № 1. Pp. 93–101. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-1-93-101. EDN OHCMBZB.

10. Keeratikasikorn C., Trisirisatayawong I. Reconstruction of 30m dem from 90 m SRTM DEM with bicubic polynomial interpolation method // The International Archives of the Photogrammetry, Remote sensing and spatial information Sciences. 2008. Vol. 37. Pp. 791–794.

11. Wang Y. et al. Analysis of the water volume, length, total area and inundated area of the Three Gorges Reservoir, China using the SRTM DEM data // International Journal of Remote Sensing. 2005. Vol. 26, № 18. Pp. 4001–4012.

12. Khasanov K. Evaluation of ASTER DEM and SRTM DEM data for determining the area and volume of the water reservoir // IOP Conference Series: Materials Science and

Engineering. IOP Publishing. 2020. Vol. 883, № 1. Pp. 012063. DOI: 10.1088/1757-899X/883/1/012063.

13. Condeça J., Nascimento J., Barreiras N. Monitoring the storage volume of water reservoirs using Google Earth Engine // Water Resources Research. 2022. Vol. 58, № 3. Pp. e2021WR030026.

14. Alali H., Perminov A.V., Rednikov S.N., Alsadek E.S. Morphometric analysis of Al Kabir Al Shamali river basin in Syria using ASTER (digital elevation model) image based on GIS-technology // Journal of Science and Education of North-West Russia. 2024. V. 10. No. 1. Pp. 46–58.

Алали Хозефа, аспирант, Hothefa.alali@gmail.com; **Перминов Алексей Васильевич**, канд. техн. наук, доцент, и.о. зав. кафедрой гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами, alexperminov@gmail.com (Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева).

УДК 631.6

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-16-19

СОСТОЯНИЕ АГРОЛАНДШАФТОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Ю.В. БАДМАЕВА

Ключевые слова: агроландшафт, структура, охрана, оптимизация, земельный фонд, сельскохозяйственные угодья, распределение.

Keywords: agricultural landscape, structure, protection, optimization, land fund, agricultural land, distribution.

Аннотация. Охрана земель, особенно земель сельскохозяйственного назначения, стала общепланетарной задачей, от решения которой зависит будущее человечества. По мнению ученых, решение этой насущной задачи возможно на эколого-ландшафтной основе. Для этого необходимы комплексные эколого-ландшафтные исследования, которые позволяют организовать рациональное использование и охрану наиболее плодородных земель. Организация охраны земель реализуется через оптимизацию агроландшафта, которая достигается на основе изменения структуры ландшафта и разработки мероприятий (в том числе и мелиоративных), направленных на улучшение качественного состояния свойств и компонентов ландшафта. Комплекс мероприятий должен учитывать особенности ландшафтов, его структуру и свойства. Знание параметров ландшафта позволяет дифференцировать методы воздействия и добиваться сохранения земельных и других ресурсов, а также повышения уровня производства.

Abstract. The protection of lands, especially agricultural lands, has become a global task, on the solution of which the future of mankind depends. According to scientists, the solution of this urgent task is possible on an ecological and landscape basis. This requires comprehensive ecological and landscape studies, which make it possible to organize the rational use and protection of the most fertile lands. The organization of land protection is implemented through the optimization of the agricultural landscape, which is achieved by changing the structure of the landscape and developing measures (including land reclamation) aimed at improving the quality of the properties and components of the landscape.

The set of measures should take into account the features of the landscape, its structure and properties. Knowledge of landscape parameters makes it possible to differentiate methods of influence and to achieve the conservation of land and other resources, as well as to increase the level of production.

Исследования в Красноярском крае показывают, что под воздействием антропогенной нагрузки изменяются свойства земли (агроландшафтов), ухудшается качество земельных ресурсов и вследствие этого снижается уровень сельскохозяйственного производства [2, 4, 5]. Поэтому поиск решения проблемы рационального использования и охраны наиболее плодородных пахотных земель лесостепной зоны Красноярского края является актуальным и важным для обеспечения продовольственной безопасности региона.

На сегодняшний день районирование территории по возделыванию сельскохозяйственных культур в Средней Сибири, в частности в Красноярском крае осуществляется по биоклиматической концепции зональности и аональности климата. При этом выделяется природный округ в границах географической и геоморфологической провинции и дается характеристика по природной зоне – северная или южная лесостепь, равнинная или горная подтайга.

Природными факторами, существенно осложняющими или лимитирующими возможность организации земледелия в отдельных районах Минусинской котловины Красноярского края, являются недостаток тепла, переувлажнение и высокая эрозионная опасность, связанная главным образом с горным характером рельефа [1, 3].

Цель исследования. Рассмотреть современное состояние агроландшафтов юга Красноярского края и эколого-хозяйственный баланс территории.

Методика и методология. Системный подход, его частный вариант – ландшафтный подход, также научные труды отечественных и зарубежных ученых. При проведении исследований использованы лабораторные и полевые методы, которые установлены ГОСТ и используются в научных исследованиях.

Результаты и их обсуждение. На основе агроклиматических критериев и продуктивности сельскохозяйственной угодий проведено агроэкологическое районирование земельных ресурсов лесостепной зоны Красноярского края. Большое разнообразие лимитирующих факторов, влияющих на продуктивность сельскохозяйственных земель, обусловило выделение 10 агроэкологических районов. Изучаемая территория относится к 7-му агроэкологическому району – Ужур–Новосёлово–Балахтинскому прохладному лесостепному и степному.

По агроприродному потенциалу состояния земель все ландшафты разделены на 6 групп:

- пахотнопригодные ландшафты с высоким агроприродным потенциалом;
- пахотнопригодные ландшафты со средним агроприродным агропотенциалом;
- пахотнопригодные ландшафты с пониженным агроприродным потенциалом;
- естественные кормовые угодья со средним и высоким агроприродным потенциалом;
- ограниченно сельскохозяйственно-пригодные ландшафты (с низким агроприродным потенциалом);
- сельскохозяйственно-непригодные ландшафты (не имеющие агроприродного потенциала).

Как известно [6–8], охрана ландшафтов – задача оптимизационная, так как в этом случае осуществляется поиск путей рационального (оптимального) использования ландшафта, заключающийся в определении способов эффективного использования компонентов и элементов ландшафтов, обосновании возможных вариантов использования, определении природных и социально-экономических ограничений в использовании.

Любые технологические процессы должны обеспечивать сохранение среды и ресурсовоспроизводящей способности ландшафтов. Ландшафты, преобразованные в агроландшафты, не должны терять средо- и ресурсовоспроизводя-

щую способность при выполнении заданных им функций в последующие периоды времени. Оптимизация использования территории направлена на разработку мероприятий, предупреждающих возникновение негативных последствий [9, 10].

Разработка проектов использования земель должна учитывать состояние всех компонентов (почвы, воды, биоты и т. п.) и предусматривать последующие изменения этих компонентов. Наличие индивидуальных особенностей ландшафтов и их разнообразия предопределяет дифференцированный подход к организации отдельных частей геосистемы, чтобы реализовать их потенциал доходности по максимуму, не нарушая экологических требований.

При оптимизации агроландшафтов важно знать степень воздействия человека на ландшафт, его структуру, состояние, круговороты вещества и энергии в ходе хозяйственной деятельности.

Изучено соотношение природных и антропогенных элементов ландшафта, структура агроландшафтов (земель сельскохозяйственного назначения), структура сельскохозяйственных угодий, агроценозов и их способность к сохранению устойчивости агроландшафтов в структуре земельного фонда Новоселовского муниципального района Красноярского края (табл. 1).

Из таблицы следует, что главным элементом ландшафта Новосёловского района являются земли сельскохозяйственного назначения, которые занимают 64 % от площади территории района. Вторым по площади элементом природных геосистем оказываются земли лесного фонда. Наличие рукотворного водного объекта – Красноярского водохранилища – стало причиной того, что на территории Новосёловского района 10 % его площади оказалось под водой, поверхность которого образует водный фонд. Площади земель этих категорий составляют 378,23 тыс. га или 97 % площади района.

Таблица 1

Распределение земельного фонда Новосёловского района

Категории	Площадь	
	га	%
Общая площадь	388066	100
Земли сельскохозяйственного назначения	248206	64,0
Земли населенных пунктов	2890	1,0
Земли промышленности и иного назначения	735	0,02
Земли особо охраняемых территорий	15	–
Земли лесного фонда	89134	23,0
Земли водного фонда	40841	10,0
Земли запаса	6245	2,0

Антропогенно преобразованная территория района включает земли сельскохозяйственного назначения, земли населенных мест, земли промышленности и иного специального назначения, а также земли водного фонда (искусственного моря), которые вместе занимают 292,7 тыс. га, или три четверти территории района (75,4 %).

Антропогенно-техногенный компонент территории района — это созданные человеком элементы, в частности: инженерные сооружения, комплексы локальных и линейных объектов, населенные пункты, полосы автомобильных дорог, искусственные водоемы и другие объекты географической оболочки. К этим же объектам мы относим территории, занятые пахотными угодьями, сенокосами, пастбищами, нарушенными землями (карьеры, овраги, площади вырубленных лесов, искусственные водоемы), которые изменяют гидрологический режим территории. Все такие участки со значительной преобразованностью хозяйственной деятельностью адекватны определению «антропогенный ландшафт».

В то же время на рассматриваемой территории сохранились природные комплексы, которые соответствуют определению «культурный ландшафт», т. е. освоенные человеком, но используемые им без существенных негативных явлений, например, пашня не подверженная эрозии и дефляции, сенокосы и пастбища, не претерпевшие регрессии, снижения продуктивности и биоразнообразия.

Степень изменения агроландшафтов оценили на основе сложившейся структурно-функциональной организации земель сельскохозяйственного на-

значения, их качественного состояния. В структуре земель сельскохозяйственного назначения преобладают сельскохозяйственные угодья (табл. 2).

Структура площадей сельскохозяйственных угодий в процентном отношении выглядит следующим образом. Пахотные земли занимают подавляющие площади в структуре сельскохозяйственных угодий и составляют 53 %, сенокосы и пастбища занимают 44 % от общей площади сельскохозяйственных угодий. Залежные земли и многолетние насаждения занимают небольшие площади в составе сельскохозяйственных угодий.

В составе несельскохозяйственных угодий преобладают заболоченные земельные участки и занимают 41 % от общей площади несельскохозяйственных угодий. Затем идут земельные участки, покрытые древесно-кустарниковой растительностью, не входящей в лесной фонд (36 %). Эти виды угодий занимают 42435 га или около 77 % общей площади несельскохозяйственных угодий. Другие несельскохозяйственные угодья, по мере убывания их доли, расположились в ряд: земли под водными объектами, под дорогами и застройкой, занимают по 4,5 %. Кроме того, в составе несельскохозяйственных угодий, имеются нарушенные земли, которые нуждаются в рекультивации и возвращению в сельскохозяйственный оборот.

Таким образом, судя по доле земель сельскохозяйственного назначения от общей площади района (64 %), Новосёловский район относится к среднеосвоенным. Использование других методов оценки эколого-хозяйственного баланса территории также указывает на среднюю антропогенную преобразованность исследуемого района (табл. 3).

Анализируя материалы таблицы, в целом по району распаханность невысокая и она не превышает допустимого предела (40 %), установленного экологами. Лесистость района близка к оптимальной (30 % площади района). В то же вре-

Таблица 2

Распределение земель сельскохозяйственного назначения по угодьям

Виды угодий	Площадь	
	га	%
Общая площадь	248206	100
Сельскохозяйственные угодья	194579	78
Пашня	102525	41
Залежь	6233	3
Многолетние насаждения	57	—
Сенокосы	21018	8
Пастбища	64746	26
Несельскохозяйственные угодья	53627	22
Под древесно-кустарниковой растительностью, не входящей в лесной фонд	20095	8
Их них защитного назначения	2050	1
Под водными объектами	2495	1
Земли застройки	1252	0,5
Под дорогами	2235	1
Болота	22340	9
Нарушенные земли	5210	2,5

Таблица 3

Оценка эколого-хозяйственного баланса территории Новосёловского района

Характеристики	Величина
Сельскохозяйственная освоенность, %	64
Распаханность, %	26
Лесистость, %	28
Доля лугов, %	24
Соотношения пашня : луг : лес, %	26 : 28 : 24
Коэффициент экологической стабильности	0,58
Коэффициент антропогенной нагрузки, балл	3
Коэффициент устойчивости ландшафта	2,20

мя недостаточно площадей, занятых травянистой растительностью (естественными лугами). Последние по свидетельству ботаников претерпели существенные изменения по видовому составу, что обусловлено превышением емкости пастбищ и дигрессией лугов как элемента ландшафта.

Если обратиться к данным по структуре земель сельскохозяйственного назначения, то обнаруживается, что доля пашни в составе земель этой категории достигает 41 %, т. е. считается оптимальной, однако при таком низком уровне распаханности, три четверти пашни Новосёловского района оказалось подвержено эрозии и дефляции, причем большей частью в средней и сильной степени. Такое противоречие между оптимальной распаханностью территории и высокой степенью проявления эрозионных и дефляционных процессов объясняется отсутствием необходимой системы защиты земель сельскохозяйственных организаций. По мнению экологов, оптимальное соотношение угодий недостаточно для сохранения устойчивости ландшафтов. Оптимизация соотношения угодий не освобождает сельхозтоваропроизводителей от обязанности соблюдать правила почвозащитной технологии в пахотных угодьях.

Заключение. Сельскохозяйственное освоение территории исследуемого района нарушило баланс угодий, что привело к снижению экологической стабильности агроландшафтов. Исследуемая территория из экологически стабильного состояния до сельскохозяйственного освоения перешла в категорию со среднестабильным состоянием после расширения площади сельскохозяйственных угодий и увеличения антропогенной нагрузки на территорию. Судя по величине коэффициента антропогенной нагрузки, исследуемая территория из состояния незначительной антропогенной нагрузки перешла в градацию со средней антропогенной нагрузкой. Это указывает, что улучшение агроландшафтов должно идти по пути снижения антропогенной нагрузки.

Антропогенное преобразование исследуемой территории снизило устойчивость природных геосистем, но они пока, в основном, сохранили свои функции. Нарушения в функционировании ландшафтов (в виде ускорения некоторых процессов) наблюдаются только в отдельных частях изучаемой территории. В основном нарушения связаны с изменением свойств почв в результате их эрозии и дефляции, изменением видового состава травянистой растительности, уменьшением лесопокрываемой территории. В некоторых местах, где наблюдается линейная эрозия, изменения коснулись исходной почвообразующей породы (элювиально-делювиальных лессовидных суглинков).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева Т.П. Прогнозирование процессов деградации черноземов Ростовской области // Вопросы мелиорации. 2010. № 3. С. 48–54.
2. Бадмаева С.Э. Агроэкологический мониторинг состояния черноземов лесостепной зоны Красноярского края // Природообустройство. 2023. № 1. С. 33–37.
3. Бадмаева С.Э., Бадмаева Ю.В., Лидяева Н.Е. Эрозионные процессы на черноземах лесостепной зоны Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2019. № 4. С. 62–66.
4. Бадмаева С.Э. Оптимизация агроландшафтов по показателям тепло-влагообеспеченности: мат. Межд. научно-практ. конф. Красноярск, 2020. С. 3–5.
5. Бадмаева С.Э., Меркушева М.Г. Научные основы рационального использования орошаемых агроландшафтов Восточной Сибири. Красноярск: КрасГАУ, 2014. 412 с.
6. Бадмаева С.Э., Лидяева Н.Е. Увлажненность агроландшафтов Минусинской котловины Красноярского края // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 6. С. 882–892.
7. Бадмаева Ю.В. Мелиоративные мероприятия по оптимизации свойств агроландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 3. С. 20–24.
8. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение: учебник. М.: КолосС, 2005. 214 с.
9. Зайдельман Ф.Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов: монография. М.: Изд-во КДУ, 2009. 720 с.
10. Зинковский В.Н., Зинковская Т.С. Управление плодородием почв в ландшафтно-мелиоративных системах земледелия // Мелиорация и водное хозяйство. 2009. № 4. С. 16–20.

REFERENCES

1. Andreeva T.P. Forecasting the processes of degradation of chernozems of the Rostov region // Issues of melioration. 2010. No. 3. Pp. 48–54.
2. Badmaeva S.E. Agroecological monitoring of the state of chernozems of the forest-steppe zone of the Krasnoyarsk Territory // Environmental management. 2023. No. 1. Pp. 33–37.
3. Badmaeva S.E., Badmaeva Yu.V., Ledyayeva N.E. Erosion processes on chernozems of the forest-steppe zone of the Krasnoyarsk Territory // Bulletin of KrasGAU. 2019. No. 4. Pp. 62–66.
4. Badmaeva S.E. Optimization of agricultural landscapes in terms of heat and moisture availability: mat. International scientific and practical conference. Krasnoyarsk, 2020. Pp. 3–5.
5. Badmaeva S.E., Merkusheva M.G. Scientific foundations of rational use of irrigated agricultural landscapes of Eastern Siberia. Krasnoyarsk: KrasGAU, 2014. 412 p.
6. Badmaeva S.E., Lidyayeva N.E. Moisture content of agricultural landscapes of the Minusinsk basin of the Krasnoyarsk Territory // International Agricultural Journal. 2021. No. 6. Pp. 882–892.
7. Badmaeva Yu.V. Land reclamation measures to optimize the properties of agricultural landscapes // Land reclamation and water management. 2023. No. 3. Pp. 20–24.
8. Golovanov A.I., Kozhanov E.S., Sukharev Yu.I. Landscape studies: textbook. M.: KolosS, 2005. 214 p.
9. Seidelman F.R. Genesis and ecological foundations of soil and landscape reclamation: monograph. M.: Publishing House of KDU, 2009. 720 p.
10. Zinkovsky V.N., Zinkovskaya T.S. Soil fertility management in landscape reclamation systems of agriculture // Land reclamation and water management. 2009. No. 4. Pp. 16–20.

Бадмаева Юлия Владимировна, канд. с.-х. наук, доцент, badmaeva3912@mail.ru (Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск).

МЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ БАСЕЙНА САНЫ



А. С. ИСАЕВ

Ключевые слова: почвенно-мелиоративная группа и подгруппа, мероприятия по улучшению и охране почв.

Keywords: soil-reclamation group and subgroup, measures to improve and protect soils.

Аннотация. Работы по мелиоративной оценке земель бассейна Саны проводились на основе контракта, заключенного Министерством мелиорации и водного хозяйства со стороны СССР и Министерством сельского хозяйства и рыбных ресурсов со стороны ЙАР.

Мелиоративная оценка земельного фонда бассейна Саны дана на основе обеспеченности почв влагой, как ведущего фактора, влияющего на формирование урожая в условиях специфического, сильно засушливого климата и требующего определенного комплекса мелиоративных мероприятий. На основе имеющихся материалов научных исследований прошлых лет и проведенных обследований и изысканий, в процессе которых изучены свойства почв, наличие и виды растительности, влаго- и теплообеспеченность продуктивных земель и виды хозяйственной деятельности человека, выделены почвенно-мелиоративные группы и подгруппы земель. Для каждой почвенно-мелиоративной группы и подгруппы земель предложены мероприятия по улучшению и охране почв, включающие агротехнические мелиорации, химические мелиорации (внесение удобрений, промывку солончаков, гипсование солонцов), противозерозионную организацию территории, методы орошения сельскохозяйственных угодий и улучшения естественных пастбищ.

Приведенные материалы могут представлять значительный интерес при производстве сельскохозяйственных культур в зонах террасированного земледелия на территории Дагестана, Осетии и др.

Abstract. The work on the land reclamation assessment of the Sanaa basin was carried out on the basis of a contract concluded by the Ministry of Land Reclamation and Water Management on the part of the USSR and the Ministry of Agriculture and Fisheries on the part of the YAR.

The reclamation assessment of the land fund of the Sanaa basin is based on the availability of soil moisture, as the leading factor influencing the formation of the crop in a specific, highly arid climate and requiring a certain set of reclamation measures. On the basis of the available materials of scientific research of previous years and surveys and surveys conducted, during which the properties of soils, the presence and types of vegetation, moisture and heat supply of productive lands and types of human economic activity were studied, soil-reclamation groups and subgroups of lands were identified. For each soil-reclamation group and subgroup of lands, measures are proposed to improve and protect soils, including agrotechnical reclamation, chemical reclamation (fertilization, washing of salt marshes, plastering of salt marshes), anti-erosion organization of the territory, methods of irrigation of agricultural land and improvement of natural pastures.

These materials may be of considerable interest in the production of agricultural crops in terraced farming zones in Dagestan, Osetia, etc.

Введение. Мелиоративная оценка земельного фонда бассейна Саны дана на основе обеспеченности почв влагой, как ведущего фактора, влияющего на формирование урожая в условиях специфического, сильно засушливого климата и требующего определенного комплекса мелиоративных мероприятий. На основе имеющихся материалов научных исследований прошлых лет и проведенных обследований и изысканий, в процессе которых изучены свойства почв, наличие и виды растительности, влаго- и теплообеспеченность продуктивных земель и виды хозяйственной деятельности человека, выделены почвенно-мелиоративные группы и подгруппы земель. Для каждой почвенно-мелиоративной группы и подгруппы земель предложены мероприятия по улучшению и охране почв, включающие агротехнические мелиорации, химические мелиорации (внесение удобрений, промывку солончаков, гипсование солонцов), противозерозионную организацию территории, методы орошения сельскохозяйственных угодий и улучшения естественных пастбищ.

При выделении мелиоративных групп и подгрупп почв учитывались следующие факторы: влагообеспеченность почв; физические, химические и воднофизические свойства почв; мощность почвенного профиля; засоленность и солонцеватость; слитость; подверженность водной ветровой эрозии; пригодность для различного сельскохозяйственного использования и орошения подземными водами; наличие и виды растительности, хозяйственная деятельность человека.

С учетом перечисленных выше свойств почв рекомендуются мероприятия по их улучшению и охране, включающие агротехнические мелиорации, химические мелиорации (внесение удобрений, промывку солончаков, гипсование солонцов), противозерозионную организацию территории, методы орошения сельскохозяйственных угодий и улучшения естественных пастбищ.

На основе анализа имеющихся материалов научных исследований прошлых лет и проведенных обследований и изысканий, выделено пять почвенно-мелиоративных групп почв.

I группа — земли, орошаемые подземными водами.

Подгруппа Ia, индекс почв 4igr. Выровненные пространства Санской равнины с абсолютными

отметками поверхности земли 2100...2350 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков 200...300 мм/год. Пресные грунтовые воды залегают на глубине 20 м. Почвы мощные, редко среднечеткие, легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава, карбонатные, солонцеватые, спорадически слабозасоленные. Площадь: 25 км²; 0,8 % от общей площади объекта.

Почвы пригодны под любые районированные сельскохозяйственные культуры.

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- экономия поливной воды за счет снижения потерь в оросительной сети и на полях. Внедрение капельного орошения. Поливная норма для метрового слоя почвы 800...850 м³/га;

- применение травопольной системы земледелия. Внедрение высокоурожайных видов и сортов сельскохозяйственных культур. Обязательное рыхление почв до и после полива. Не менее 30 % трав в севооборотах;

- навоз, ежегодно не менее 15 т/га. Минеральные удобрения: азот N – 20...80 кг д.в./га, фосфор P₂O₅ – 30...70 кг д.в./га, калий K₂O – 0...120 кг д.в./га. При отсутствии навоза: азот N – 40...120 кг д.в./га, фосфор P₂O₅ – 35...100 кг д.в./га, калий K₂O – 50...200 кг д.в./га. Доза минеральных удобрений в указанных диапазонах определяется в зависимости от потребности возделываемых культур. Микроэлементы;

- внесение гипса 2...4 т/га или серы 0,4...0,8 т/га на солонцах и солончаках;

- посадка полезащитных лесных полос для предотвращения эрозии почв.

Подгруппа 1б, индекс почв 5ir. Искусственно террасированные склоны гор и днищ небольших вад с абсолютными отметками поверхности земли 1700...2700 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков 170...300 мм/год. Пресные, иногда слабосолоноватые грунтовые воды залегают на глубине 10...15 м. Почвы мощные, легко- и среднесуглинистого, редко супесчаного гранулометрического состава, карбонатные, солонцеватые, спорадически слабозасоленные. Площадь: 10 км²; 0,32 % от общей площади объекта.

Почвы пригодны под любые районированные сельскохозяйственные культуры.

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- экономия поливной воды за счет снижения потерь в оросительной сети и на полях. Внедрение капельного орошения. Поливная норма для метрового слоя почвы 600...800 м³/га;

- применение травопольной системы земледелия. Внедрение высокоурожайных видов и сортов сельскохозяйственных культур. Обязательное

рыхление почв до и после полива. Не менее 20 % трав в севооборотах;

- навоз, ежегодно не менее 15 т/га. Минеральные удобрения: азот N – 20...80 кг д.в./га, фосфор P₂O₅ – 30...70 кг д.в./га, калий K₂O – 0...120 кг д.в./га. При отсутствии навоза: азот N – 40...120 кг д.в./га, фосфор P₂O₅ – 35...100 кг д.в./га, калий K₂O – 50...200 кг д.в./га. Доза минеральных удобрений в указанных диапазонах определяется в зависимости от потребности возделываемых культур. Микроэлементы;

- внесение гипса 2...3 т/га или серы 0,4...0,6 т/га на солонцах и солончаках;

- посадка полезащитных лесных полос. Ремонт подпорных стенок искусственных террас и других водорегулирующих сооружений. Соблюдение противоэрозионной агротехники.

Подгруппа 1в, индекс почв 7ir. Искусственно террасированные пологие склоны высокогорного плато с абсолютными отметками поверхности земли 2700...3100 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков 300...450 мм/год. Пресные грунтовые воды залегают на глубине более 50 м. Почвы мощные и среднечеткие легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава, карбонатные, спорадически слабосолонцеватые, засоленные с признаками слитости. Площадь: 5 км²; 0,16 % от общей площади объекта.

Почвы пригодны под любые районированные сельскохозяйственные культуры.

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- экономия поливной воды за счет снижения потерь в оросительной сети и на полях. Внедрение капельного орошения. Поливная норма для метрового слоя почвы 800 м³/га;

- применение травопольной системы земледелия. Внедрение высокоурожайных видов и сортов сельскохозяйственных культур. Обязательное рыхление почв до и после полива. Не менее 20 % трав в севооборотах. Глубокое рыхление почв на глубину 60...100 см один раз в 4...5 лет на почвах со слитыми горизонтами;

- навоз, ежегодно не менее 15 т/га. Минеральные удобрения: азот N – 20...80 кг д.в./га, фосфор P₂O₅ – 30...70 кг д.в./га, калий K₂O – 0...120 кг д.в./га. При отсутствии навоза: азот N – 40...120 кг д.в./га, фосфор P₂O₅ – 35...100 кг д.в./га, калий K₂O – 50...200 кг д.в./га. Доза минеральных удобрений в указанных диапазонах определяется в зависимости от потребности возделываемых культур. Микроэлементы;

- внесение гипса 2...3 т/га или серы 0,4...0,6 т/га на солонцах и солончаках;

- посадка полезащитных лесных полос. Ремонт подпорных стенок искусственных террас

и других водорегулирующих сооружений. Соблюдение противоэрозионной агротехники.

Подгруппа Iг, индекс почв 6Iг. Искусственно террасированные пологие склоны днищ крупных и средних вад с абсолютными отметками поверхности земли 2100...2600 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков 230...300 мм/год. Пресные, иногда слабосоленоватые грунтовые воды залегают на глубине 8...10 м, редко 3...5 м. Почвы мощные, суглинистого гранулометрического состава, карбонатные, солонцеватые, преимущественно засоленные, со слитыми горизонтами на глубинах более 30...60 см. Площадь: 35 км²; 1,12 % от общей площади объекта.

Почвы пригодны под любые районированные сельскохозяйственные культуры, малопригодны под сады и виноградники.

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- экономия поливной воды за счет снижения потерь в оросительной сети и на полях. Внедрение капельного орошения. Поливная норма для метрового слоя почвы 800...950 м³/га, орошение небольшими нормами, но часто;

- применение травопольной системы земледелия. Внедрение высокоурожайных видов и сортов сельскохозяйственных культур. Обязательное рыхление почв до и после полива. Не менее 30 % трав в севооборотах. Глубокое рыхление почв на глубину 60...100 см один раз в 4...5 лет;

- навоз, ежегодно не менее 20 т/га. Минеральные удобрения: азот N – 20...60 кг д.в./га, фосфор P₂O₅ – 20...60 кг д.в./га, калий K₂O – 0...100 кг д.в./га. При отсутствии навоза: азот N – 40...120 кг д.в./га, фосфор P₂O₅ – 35...100 кг д.в./га, калий K₂O – 50...200 кг д.в./га. Доза минеральных удобрений в указанных диапазонах определяется в зависимости от потребности возделываемых культур. Микроэлементы;

- внесение гипса 5...10 т/га или серы 1...2 т/га на солонцах и солончаках;

- посадка полезащитных лесных полос. Ремонт подпорных стенок искусственных террас и других водорегулирующих сооружений. Соблюдение противоэрозионной агротехники.

II, III, IV группы – освоенные богарные земли с различной влагообеспеченностью почв.

Подгруппа IIа, индекс почв 7. Искусственно террасированные пологие склоны высокогорного плато с абсолютными отметками поверхности земли 2700...3100 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков 360...450 мм/год. Коэффициент увлажнения K_у = 0,33...0,44. Коэффициент роста сельскохозяйственных культур K_р = 0,3...0,7. Пресные грунтовые воды залегают

на глубине более 50 м. Почвы мощные и средне-мощные, суглинистого и редко глинистого гранулометрического состава, карбонатные, слабосоленцеватые, спорадически слабозасоленные, с признаками слитости. Площадь: 53 км²; 1,7 % от общей площади объекта.

Почвы пригодны без орошения только под зерновые культуры (ячмень, пшеницу, сорго, кукурузу).

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- пригодны для орошения. При орошения подземными водами богарных земель, рекомендации по орошению аналогичны рекомендациям для почв с таким же индексом первой почвенно-мелиоративной группы, орошаемых подземными водами;

- внедрение севооборотов с чистыми парами, накапливающими и сберегающими воду. Применение в севооборотах засухоустойчивых видов и сортов зерновых культур;

- навоз, ежегодно не менее 10 т/га. Минеральные удобрения: азот N – 40 кг д.в./га, фосфор P₂O₅ – 30 кг д.в./га, калий K₂O – 40 кг д.в./га. При отсутствии навоза: азот N – 40...120 кг д.в./га, фосфор P₂O₅ – 30...100 кг д.в./га, калий K₂O – 40...200 кг д.в./га. Доза минеральных удобрений в указанных диапазонах определяется в зависимости от потребности возделываемых культур. Микроэлементы;

- внесение гипса 1 т/га или серы 0,2 т/га на солонцах и солончаках;

- ремонт подпорных стенок искусственных террас и других водорегулирующих сооружений. Соблюдение противоэрозионной агротехники.

Подгруппа IIб, индекс почв 5. Искусственно террасированные склоны гор с абсолютными отметками поверхности земли 2000...2700 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков 250...300 мм/год. Дополнительная влага поступает за счет поверхностного стока с верхнего водосбора. Коэффициент увлажнения K_у = 0,33...0,44. Коэффициент роста сельскохозяйственных культур K_р = 0,3...0,7. Пресные, редко солоноватые грунтовые воды залегают на глубине 10...15 м. Почвы мощные, легко- и среднесуглинистого, редко супесчаного гранулометрического состава, карбонатные. Площадь: 347 км²; 11,12 % от общей площади объекта.

Почвы пригодны без орошения только под зерновые культуры (ячмень, пшеницу, сорго, кукурузу).

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- пригодны для орошения. При орошения подземными водами богарных земель, рекомендации по орошению аналогичны рекомендациям

ям для почв с таким же индексом первой почвенно-мелиоративной группы, орошаемых подземными водами;

- внедрение севооборотов с чистыми парами, накапливающими и сберегающими воду. Применение в севооборотах засухоустойчивых видов и сортов зерновых культур;

- навоз, ежегодно не менее 10 т/га. Минеральные удобрения: азот N – 40 кг д.в./га, фосфор P_2O_5 – 30 кг д.в./га, калий K_2O – 40 кг д.в./га. При отсутствии навоза: азот N – 40...120 кг д.в./га, фосфор P_2O_5 – 30...100 кг д.в./га, калий K_2O – 40...200 кг д.в./га. Доза минеральных удобрений в указанных диапазонах определяется в зависимости от потребности возделываемых культур. Микроэлементы;

- солонцы и солончаки отсутствуют, гипс или сера не вносятся;

- ремонт подпорных стенок искусственных террас и других водорегулирующих сооружений. Соблюдение противоэрозионной агротехники.

Подгруппа IIIа, индекс почв 4. Пониженные участки Санской равнины с абсолютными отметками поверхности земли 2100...2200 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков 250...300 мм/год. Коэффициент увлажнения $K_y = 0,22...0,28$. Коэффициент роста сельскохозяйственных культур $K_p = 0,2...0,4$. Пресные грунтовые воды залегают на глубине 20 м. Почвы мощные и среднемощные, легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава, карбонатные, слабоэродированные, окультуренные, преимущественно слабосолонцеватые, спорадически слабозасоленные, Площадь: 31 км²; 1% от общей площади объекта.

Почвы пригодны без орошения только под очень засухоустойчивые виды и сорта зерновые культуры (ячмень, сорго).

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- пригодны для орошения. При орошения подземными водами богарных земель, рекомендации по орошению аналогичны рекомендациям для почв с таким же индексом первой почвенно-мелиоративной группы, орошаемых подземными водами;

- накапливающими и сберегающими воду. Применение в севооборотах очень засухоустойчивых видов и сортов зерновых культур (ячмень, сорго) и трав;

- минеральные удобрения: азот N – 30 кг д.в./га, фосфор P_2O_5 – 20 кг д.в./га, калий K_2O – 20 кг д.в./га. Микроэлементы;

- внесение гипса 1...2 т/га или серы 0,2...0,4 т/га на солонцах и солончаках;

- соблюдение противоэрозионной агротехники: обвалование полей, посев семян в борозды, кулисные посевы.

Подгруппа IIIб, индекс почв 5. Искусственно террасированные склоны гор южной части бассейна Саны с абсолютными отметками поверхности земли 2000...2700 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков 250...300 мм/год. Дополнительная влага поступает за счет регулирования поверхностного стока. Коэффициент увлажнения $K_y = 0,22...0,33$. Коэффициент роста сельскохозяйственных культур $K_p = 0,2...0,6$. Пресные грунтовые воды залегают на глубине 20 м. Почвы мощные, легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава, карбонатные. Площадь: 30 км²; 0,9% от общей площади объекта.

Почвы пригодны без орошения только под очень засухоустойчивые виды и сорта зерновые культуры (ячмень, сорго).

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- пригодны для орошения. При орошения подземными водами богарных земель, рекомендации по орошению аналогичны рекомендациям для почв с таким же индексом первой почвенно-мелиоративной группы, орошаемых подземными водами;

- внедрение севооборотов с чистыми парами, накапливающими и сберегающими воду. Применение в севооборотах очень засухоустойчивых видов и сортов зерновых культур (ячмень, сорго) и трав;

- минеральные удобрения: азот N – 30 кг д.в./га, фосфор P_2O_5 – 20 кг д.в./га, калий K_2O – 20 кг д.в./га. Микроэлементы;

- солонцы и солончаки отсутствуют, гипс или сера не вносятся;

- ремонт подпорных стенок искусственных террас и других водорегулирующих сооружений. Соблюдение противоэрозионной агротехники;

Подгруппа IIIв, индекс почв 7. Искусственно террасированные пологие и очень пологие склоны высокогорного плато с абсолютными отметками поверхности земли 2700...2900 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков 300...400 мм/год. Коэффициент увлажнения $K_y = 0,22...0,33$. Коэффициент роста сельскохозяйственных культур $K_p = 0,2...0,6$. Грунтовые воды залегают на глубине 50 м. Почвы мощные и среднемощные, суглинистого, редко глинистого гранулометрического состава, карбонатные, слабосолонцеватые, спорадически слабозасоленные, с признаками слитости. Площадь: 126 км²; 4,04% от общей площади объекта.

Почвы пригодны без орошения только под очень засухоустойчивые виды и сорта зерновые культуры (ячмень, сорго).

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- пригодны для орошения. При орошения подземными водами богарных земель, рекомендации по орошению аналогичны рекомендациям для почв с таким же индексом первой почвенно-мелиоративной группы, орошаемых подземными водами;
- внедрение севооборотов с чистыми парами, накапливающими и сберегающими воду. Применение в севооборотах очень засухоустойчивых видов и сортов зерновых культур (ячмень, сорго) и трав;
- минеральные удобрения: азот N – 30 кг д.в./га, фосфор P_2O_5 – 20 кг д.в./га, калий K_2O – 20 кг д.в./га. Микроэлементы;
- внесение гипса 1 т/га или серы 0,2 т/га на солонцах и солончаках;
- ремонт подпорных стенок искусственных террас и других водорегулирующих сооружений. Соблюдение противоэрозионной агротехники.

Подгруппа IIIг, индекс почв 6. Днища средних и крупных вад южной части бассейна Саны с абсолютными отметками поверхности земли 2100...2600 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков 250...300 мм/год. Коэффициент увлажнения $K_y = 0,22...0,33$. Коэффициент роста сельскохозяйственных культур $K_p = 0,3...0,5$. Грунтовые воды залегают на глубине 8...10 м. Почвы искусственно террасированные, мощные, средне-, редко тяжелосуглинистого гранулометрического состава, карбонатные, солонцеватые со слитыми горизонтами на глубине 30...60 см. Площадь: 19 км²; 0,6 % от общей площади объекта.

Почвы пригодны без орошения только под очень засухоустойчивые виды и сорта зерновые культуры (ячмень, сорго).

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- пригодны для орошения. При орошения подземными водами богарных земель, рекомендации по орошению аналогичны рекомендациям для почв с таким же индексом первой почвенно-мелиоративной группы, орошаемых подземными водами;
- внедрение севооборотов с чистыми парами, накапливающими и сберегающими воду. Применение в севооборотах очень засухоустойчивых видов и сортов зерновых культур (ячмень, сорго) и трав;
- минеральные удобрения: азот N – 30 кг д.в./га, фосфор P_2O_5 – 20 кг д.в./га, калий K_2O – 20 кг д.в./га. Микроэлементы;
- внесение гипса 3...5 т/га или серы 0,6...1 т/га на солонцах и солончаках;
- ремонт подпорных стенок искусственных террас и других водорегулирующих сооружений. Соблюдение противоэрозионной агротехники.

IV группа – освоенные богарные земли с естественной влагообеспеченностью почв с индексами 4, 5, 6.

Выравненные пространства Санской равнины, искусственно террасированные склоны гор и днищ средних и крупных вад с абсолютными отметками поверхности земли 1700...2700 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков 170...250 мм/год. Коэффициент увлажнения $K_y = 0,1...0,22$. Коэффициент роста сельскохозяйственных культур $K_p = 0,23...0,33$. Грунтовые воды залегают на глубине 10...50 м. Почвы мощные и среднеспособные, суглинистого, редко супесчаного и глинистого гранулометрического состава, карбонатные, часто солонцеватые с признаками слитости и спорадически слабозасоленные. Площадь: 310 км²; 10 % от общей площади объекта.

Не пригодны или малопригодны для возделывания ведущих сельскохозяйственных культур без регулярного орошения. Могут использоваться как малопродуктивные пастбища для коз и овец. Земледелие практически невозможно без регулярного орошения из-за очень низкой влагообеспеченности почв.

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- пригодны для орошения. При орошения подземными водами богарных земель, рекомендации по орошению аналогичны рекомендациям для почв с таким же индексом первой почвенно-мелиоративной группы, орошаемых подземными водами;
- интенсификация земледелия путем проведения агротехнических мероприятий без орошения экономически нецелесообразна;
- интенсификация земледелия путем внесения удобрений без орошения экономически нецелесообразна;
- интенсификация земледелия путем внесения гипса или серы на солонцах и солончаках без орошения экономически нецелесообразна;
- посадка на пустующих землях древесно-кустарниковых полос с использованием пород деревьев и кустарников, приспособленных к местным условиям. Залужение пустующих земель засухоустойчивыми дикорастущими травами во влажные периоды года.

V группа – целинные земли ограниченно пригодные для сельскохозяйственного использования с индексами почв 2, 3, сочетания почв 1 и 2.

Каменистые и эродированные склоны с уклонами более 15°, лавовые равнины, выровненные пространства с выходами известняков на дневную поверхность земли, гривы, увалы с абсолютными отметками поверхности земли 2100...3660 м над уровнем моря. Грунтовые воды залегают на глубине 10...50 м. Почвы неразвитые в виде выходов горных пород на дневную поверхность земли (индекс почв 1) в сочетании с неполноразвитыми почвами с мощностью мелкозема 5...30 см (индекс почв 2) и маломощные

сильно каменистые почвы (индекс почв 3). Площадь: 2128 км²; 68,24% от общей площади объекта.

Пригодны и используются только под малопродуктивные естественные пастбища для коз и овец. Урожайность трав 10...50 кг/га сена.

Мероприятия по улучшению и охране почв:

- не пригодны для орошения по условиям рельефа, отсутствия или малой мощности гумусоаккумулятивного горизонта;
- агротехнические мероприятия не проводятся;
- удобрения не вносятся;
- внесение гипса или серы на солонцах и солончаках экономически нецелесообразно;
- сохранение и улучшение естественной растительности. Посадка деревьев и кустарников, приспособленных к местным условиям. Посев трав. Регулирование выпаса скота.

Дополнительные пояснения к классификации земель. При орошения подземными водами богарных земель (почвенно-мелиоративные группы II, III, IV), рекомендации по орошению аналогичны рекомендациям для почв с таким же индексом первой почвенно-мелиоративной группы, орошаемых подземными водами:

- для почв с индексом 4 аналогичны для почв с индексом 4г;
- для почв с индексом 5 аналогичны для почв с индексом 5г;
- для почв с индексом 6 аналогичны для почв с индексом 6г;
- для почв с индексом 7 аналогичны для почв с индексом 7г.

Значительные различия минимальных и максимальных рекомендуемых доз минеральных удобрений связаны с широким набором выращиваемых при орошении сельскохозяйственных культур. Дозы минеральных удобрений по отдельным культурам даны в разделе «Сельскохозяйственное производство».

Рекомендации по улучшению системы земледелия

1. В целях наиболее полного использования продолжительного вегетационного периода с высокими суммами активных температур (более 5900...6800 °С), рекомендуется внедрять на орошаемых землях повторные посевы сельскохозяйственных культур, производить правильный их подбор, сочетать позднеспелые, среднеспелые и раннеспелые сорта и культуры с различной продолжительностью вегетационного периода, бобовые и злаковые культуры, внедрять высокопродуктивные и высококачественные сорта сельскохозяйственных культур.

2. Обязательное применение способов ручной (серпом) или механизированной уборки урожая с оставлением в почве корневой системы и пожнив-

ных остатков для обогащения почвы органическими веществами и улучшения структуры почвы.

3. Введение травопольных севооборотов на орошаемых землях, периодического посева трав в междурядьях виноградников, садов, посадок ката для обогащения почвы органическими веществами и улучшения структуры почвы. Травы в севооборотах должны занимать не менее 20%, а на Санской равнине, где развита ветровая эрозия не менее 30% орошаемой площади.

4. На всех почвах рекомендуется внесение кислых форм минеральных удобрений, улучшающих питательный режим почв и подкисляющих щелочную среду, т. е. снижающих рН. Из азотных удобрений рекомендуется вносить сульфат аммония, из фосфорных – суперфосфат или тройной суперфосфат, из калийных – сульфат калия. Дозы азотных удобрений небольшие при поливе водами, содержащими нитраты.

Норма внесения минеральных удобрений в килограммах действующего вещества на 1 га богарных земель: азот – 30...40, фосфор – 20...30, калий – 20...40 кг; орошаемых земель: азот – 40...120, фосфор – 35...100, калий – 50...200 кг в зависимости от возделываемой культуры.

Наибольшие дозы калия вносятся под овощные культуры, картофель и виноград, наименьшие дозы азота – под многолетние травы. Прибавка урожая зерновых культур при применении минеральных удобрений на богарных землях до 2...3 ц/га, на орошаемых землях до 8...10 ц/га.

5. На всех обрабатываемых почвах и в первую очередь на орошаемых рекомендуется внесение навоза. Навоз обогащает почву органическими веществами, питательными элементами (азот, фосфор, калий, микроэлементы), улучшает структуру почв, подкисляет щелочную среду, т. е. снижает рН, улучшая минеральное питание растений.

Рекомендуется ежегодное внесение навоза на богарных землях не менее 10 т/га, на орошаемых – не менее 20 т/га. Навоз рекомендуется вносить часто и малыми дозами, особенно на богарных землях, так как навоз быстро минерализуется при активной нитрификации, что приводит к потере азота путем вымывания нитратов. Внесение навоза в почву на богаре следует приурочивать к наиболее влажному периоду.

6. Эффективно внесение в почву микроэлементов.

7. На всех орошаемых почвах, в первую очередь на почвах с индексом 6г – орошаемых горных серо-коричневых светлых карбонатных окультуренных террасированных солонцеватых преимущественно засоленных с признаками вер-

тичности (слитости), для предотвращения осолонцевания и засоления рекомендуется комплекс мелиоративных мероприятий, направленный на ликвидацию указанных негативных процессов:

- в условиях, когда эти негативные процессы еще не проявились как профилактическое средство;
- в условиях, когда эти негативные процессы активно протекают для снижения интенсивности протекания или полного прекращения.

Мелиоративные мероприятия, направленные на предотвращение солонцового процесса, должны включать комплекс агробиологических приемов, сочетающих механическое, химическое и биологическое воздействие на солонцеватые почвы, в том числе глубокая обработка и рыхление почв, внесение навоза, кислых минеральных удобрений, химических мелиорантов (гипса или серы), посев многолетних трав, орошение. Для устранения солонцовых свойств почв рекомендуется, на первой стадии, мощность мелиорируемого слоя принять 0,5 м, а в последующий период довести его до 1 м.

Вносить гипс или серу рекомендуется в 2...3 приема, в хорошо размолотом виде и тщательно смешивать с почвой. Половину дозы вносят перед вспашкой, остальную часть после обработки. Сера на карбонатных почвах дает больший эффект, чем гипс, при этом 0,19 т серы эквивалентен 1 т гипса.

С целью создания благоприятных условий для обменных реакций и выноса продуктов обмена после гипсования или внесения серы, на орошаемых почвах необходимо производить полив, а на богарных землях, внесение химических мелиорантов следует приурочивать к влажному периоду.

Дозы химических мелиорантов зависят от всего комплекса мероприятий, направленных на устранение солонцеватости почв. При выпол-

нении всего комплекса агробиологических мероприятий, дозы гипса или серы могут быть уменьшены в 1,5...2 раза по сравнению с расчетными, полученными по обменному натрию.

Рекомендуемые дозы гипса или серы для различных почв, при глубине мелиорируемого слоя 0,5 и 1 м приведены в табл. 1.

8. Для улучшения водно-физических свойств почв и, в том числе водопроницаемости, рекомендуется рыхление слабоводопроницаемого сильно уплотненного, нередко слитого горизонта, расположенного на глубине 30...80 см на орошаемых почвах с индексом 6ir, 7ir и 4ir, на глубину 60...120 см, производимое один раз в 4...5 лет, а также посев многолетних трав.

9. В связи с неблагоприятными свойствами пахотного горизонта, проявляющимися в быстром набухании пылеватой фракции почв и заплывании при поливах, рекомендуется проводить полив по бороздам, а не напуском по полосам, широко применяемым в регионе, так как, при поливе по бороздам меньше сказываются отрицательные свойства почв.

Обязательным условием должно быть рыхление почвы перед поливом и после полива при образовании корки на поверхности почвы при подсыхании в период между поливами, для создания благоприятного водного и воздушного режима для растений и снижения потерь на испарение влаги с поверхности почвы.

Считать наилучшим способом полива подпочвенный, сберегающий влагу и не нарушающий структуру верхнего горизонта почвы.

Рекомендуется построить несколько опытных участков с капельным и подпочвенным орошением и вести многолетние наблюдения на них за динамикой водного и солевого режимов, эффективностью использования поливной воды и продуктивностью сельскохозяйственных культур.

10. Основные мероприятия по борьбе с ветровой эрозией на Санской равнине:

- введение травопольных севооборотов, где травы должны составлять не менее 30 %;
- производить обработку почвы с оставлением стерни и пожнивных остатков;
- не разрушать традиционные валы вокруг полей, посев семян производить в борозды;
- производить узкие посевы (1,5...2 м) кулисных культур (сорго, кукуруза дурра и другие высокостебельные растения) через 100...200 м поперек направления господствующих ветров;
- создание на орошаемых участках защитных лесных полос, расположенных не более, чем через 500...700 м. В защитные лесные полосы рекомендуется высаживать древесные и кустарнико-

Таблица 1

Рекомендуемые дозы гипса или серы для различных почв

Индекс поч-вы	Полная доза, т/га				Доза при выполнении всего комплекса агробиологических мероприятий, т/га			
	Мощность мелиорируемого слоя							
	0,5 м		1 м		0,5 м		1 м	
	Гипс	Сера	Гипс	Сера	Гипс	Сера	Гипс	Сера
3	1,0	0,2	—	—	0,5	0,1	—	—
4	1,0	0,2	2,0	0,4	0,5	0,1	1,0	0,2
4	2,0	0,4	4,0	0,8	1,0	0,2	2,0	0,4
5	0	0	1,0	0,2	0	0	0	0
5	2,0	0,4	3,0	0,6	1,0	0,2	1,5	0,3
6	3,0	0,6	5,0	1,0	1,5	0,3	2,8	0,5
6	5,0	1,0	10,0	2,0	2,5	0,5	5,0	1,0
7	0	0	1,0	0,2	0	0	1,0	0,2
7	2,0	0,4	3,0	0,6	1,0	0,2	1,5	0,3

вые породы, приспособленные к местным условиям: эвкалипты, акации, тамарикс и др.

Основные древесные и кустарниковые породы для создания защитных лесных насаждений на орошаемых землях, согласованные с йеменской стороной приведены в табл. 2.

Следует организовать полив защитных лесных насаждений и ограждение от скота. Значительные затраты, которые потребуются для выполнения противоэрозионных мероприятий должны окупиться в короткий срок, так как эффект от их применения отразится на росте и развитии сельскохозяйственных культур, повышении их урожайности. Эти мероприятия позволят частично, а в большинстве случаев полностью прекратить разрушение почв.

11. Основные мероприятия по борьбе с водной эрозией на почвах с индексом 2 должны включать:

- посадку древесных и кустарниковых пород на эродированных склонах с поливами в период начала роста и ограждением от скота;
- ограничение выпаса скота на эродированных склонах;
- подсев многолетних засухоустойчивых трав на склонах во влажный период года;
- соблюдение противоэрозионной системы обработки почв на склонах.

Выводы. На основе анализа имеющихся материалов научных исследований прошлых лет и проведенных обследований и изысканий, выделено пять почвенно-мелиоративных групп почв с разделением на подгруппы. Для каждой подгруппы дана характеристика природных условий, пригодности почв для с.-х. использования и приведены мероприятия по улучшению и охране почв. Приведены рекомендации по улучшению системы земледелия.

Приведенные материалы могут представлять значительный интерес при производстве сельскохозяйственных культур в зонах террасированного земледелия на территории Дагестана, Осетии и др. Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шашко Д.И. Агроклиматическая карта мира. 1977.
2. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. 1985.
3. Цубербиллер Е.А. Агроклиматическая характеристика суховея. Л.: Гидрометеиздат, 1959.
4. Crop water requirements // Irrigation and Drainage paper. No 24, FAO. Rome, 1975.
5. Бакало Б.Я. Показатели влагообеспеченности и режимы орошения трав в высокогорьях Киргизии. Фрунзе, 1966.
6. Мелиорация земель / Под ред. А.И. Голованова: учебник. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Лань, 2015. 832 с.
7. Савченкова В.А. Мелиорация, рекультивация и охрана земель: учебно-методическое пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. 47 с.

Таблица 2

Основные древесные и кустарниковые породы для создания защитных лесных насаждений

Древесные породы		Кустарники
Главные	Сопутствующие	
Cupressus pyramidalis	Acacia cyanophylla	Atriplex numularia
Cupressus horizontalis	Acacia saligna	Atriplex halimus
Cupressus arisonica	Acacia negrii	—
Eucalyptus gomphocephala	Cassia didymobotrya	—
Eucalyptus microteca	Cassia tomentosa	—
Eucalyptus occidentalis	Tamarex abrecos	—
Casuarina cunnighamia	—	—
Casuarina eguisetifolia	—	—

8. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение / Под ред. А.И. Голованова. СПб.: Лань, 2015.

9. Природообустройство / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, Д.В. Козлов [и др.]; под ред. А.И. Голованова. СПб.: Лань, 2015.

10. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Сметанин В.И. Рекультивация нарушенных земель: учебник. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Лань, 2015. 336 с.

11. Куприянова С.В., Власов М.В. Установление и комплексное использование критериев оценки эффективности различных видов ресурсов агро-мелиоративных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 1.

12. Устинов МТ., Глистин М.В. Адаптивно-ландшафтная диагностика и оценка состояния структуры почвенного покрова мелиорируемых территорий методом трансект-катенирования // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 6.

13. Щербаков А.О. Жезмер В.Б. Разработка принципов экологически безопасного водоресурсного обеспечения агроландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 5.

14. Куприянова С.В. Основные направления и принципы водосбережения при осуществлении водных мелиораций на орошаемых землях юга России // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 4.

15. Юрченко И.Ф. Концептуальные подходы и тенденции развития систем прецизионного управления мелиоративным режимом агроэкосистемы // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 3.

REFERENCES

1. Shashko D.I. Agro-climatic map of the world. 1977.
2. Shashko D.I. Agro-climatic resources of the USSR. 1985.
3. Tsuberbiller E.A. Agro-climatic characteristics sukhoveev. L.: Hydrometeoizdat, 1959.
4. Crop water requirements // Irrigation and Drainage paper. No. 24, FAO. Rome, 1975.
5. Bakalo B.Ya. Indicators of moisture supply and modes of irrigation of grasses in the highlands of Kyrgyzstan. Frunze, 1966.
6. Land reclamation / Edited by A.I. Golovanov: textbook. 2nd ed., ispr. and add. St. Petersburg: Publishing house «Lan», 2015. 832 p.
7. Savchenkova V.A. Land reclamation, reclamation and protection: an educational and methodological guide M.: Bauman Moscow State Technical University, 2019. 47 p.
8. Golovanov A.I., Kozhanov E.S., Sukharev Yu.I. Landscape studies / Edited by A.I. Golovanov. St. Petersburg: Lan, 2015.

9. Environmental management / A.I. Golovanov, F.M. Zimin, D.V. Kozlov [et al.]; edited by A.I. Golovanov. St. Petersburg: Lan, 2015.

10. Golovanov A.I., Zimin F.M., Smetanin V.I. Recultivation of disturbed lands: Textbook. 2nd ed., ispr. and add. St. Petersburg: Publishing house «Lan», 2015. 336 p.

11. Kupriyanova S.V., Vlasov M.V. Establishment and integrated use of criteria for evaluating the effectiveness of various types of resources of agro-reclamation systems // Land reclamation and water management. 2022. No. 1.

12. Ustinov M.T., Glistin M.V. Adaptive landscape diagnostics and assessment of the state of the soil cover structure of reclaimed territories by the method of transect-catenation // Land reclamation and water management. 2020. No. 6.

13. Shcherbakov A.O. Zhezmer V.B. Development of principles of environmentally safe water resource provision of agricultural landscapes // Land reclamation and water management. 2020. No. 5.

14. Kupriyanova S.V. The main directions and principles of water conservation in the implementation of water reclamation on irrigated lands of the south of Russia // Land reclamation and water management. 2019. No. 4.

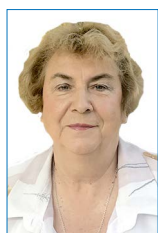
15. Yurchenko I.F. Conceptual approaches and trends in the development of precision management systems for the reclamation regime of the agroecosystem // Land reclamation and water management. 2019. No. 3.

Исаев Андрей Сергеевич, инженер, andisrgau@mail.ru (ФНЦ «ФГБУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»).

УДК 627.157

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-28-33

РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ФОНОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ



Г.Ю. ТОЛКАЧЕВ, Т.А. ИЛЬИНА, Е.Н. ГЕТЬМАН

Ключевые слова: донные отложения, тяжелые металлы, загрязнение, фоновые значения, игео-класс, сорбирующая фракция.

Keywords: sediments, heavy metals, pollution, background values, igeo-class, sorbing fraction.

Аннотация. С точки зрения техногенной нагрузки на водные объекты наиболее опасными загрязняющими веществами являются микроэлементы Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As. Исследования донных отложений водоемов позволяют установить неблагоприятные участки и определить источники загрязнения. Степень загрязнения элементами определяется на основе превышения их содержания над их фоновыми значениями. В работе приведена оценка загрязнения донных отложений вышеперечисленными микроэлементами ряда районов Верхней Волги – от Верхневолжских озер до Иваньковского водохранилища, на основе фоновых значений в отложениях Верхневолжских озер. Результаты исследований загрязненности донных отложений оценены по игео-классам – по загрязненности сорбирующей фракции (менее 0,02 мм). Приведен сравнительный анализ региональных фоновых значений отложений Верхней Волги с принятыми глобальными значениями. В результате установлено, что для каждой крупной водной системы и для каждого географического района необходимо определять собственные региональные фоновые значения. Необходимо периодически обновлять данные – по единой методике. Из имеющихся данных можно сделать вывод, что, несмотря на значительное количество

во источников загрязнения, в настоящее время говорить об опасной нагрузке на изученный объект не приходится.

From the point of view of technogenic pressure on water bodies, the most dangerous pollutants are trace elements Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As. Studies of sediments of reservoirs make it possible to identify unfavorable areas and identify sources of pollution. The degree of contamination by microelements is determined based on the excess of their content over their background values. The paper presents an assessment of contamination of bottom sediments with the above-mentioned trace elements in a number of areas of the Upper Volga – from the Upper Volga Lakes to the Ivan'kovo reservoir, based on background values in the sediments of the Upper Volga lakes. The results of studies of the contamination of bottom sediments were evaluated by igeo-classes – by the contamination of the sorbing fraction (less than 0.020 mm). A comparative analysis of the regional background values of the Upper Volga sediments with the accepted global values is given. As a result, it was found that for each large water system and for each geographical area, it is necessary to determine its own regional background values. It is necessary to update the data periodically – according to a single methodology. From the available data, it can be concluded that, despite the significant number of pollution sources, there is currently no need to talk about a dangerous load on the studied object.

Тяжелые металлы (ТМ) являются широко распространенными микроэлементами в земной коре и гидросфере. При этом такие металлы как Hg, Cu, Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, Co представляют собой серьезную опасность для живых организмов. Их распределение и миграция в водных системах контролируются в основном характером взаимодействия донных отложений (ДО), водной массы и биоты. При оценке экологического состояния поверхностных водотоков, из-за сильных флуктуаций расходов воды и концентраций взвешенных и растворенных веществ, наиболее целесообразна оценка за-

грязненности их ДО. Одним из основных факторов, определяющих распределение и содержание металлов по площади ДО, являются генетический, фракционный состав отложений и содержание в них органических соединений [1, 2]. Комплексная оценка эколого-геохимического состояния территории или водотока состоит из нескольких взаимосвязанных блоков, один из которых – оценка природного геохимического фона территории. Она необходима для расчета контрастности техногенных геохимических аномалий, в особенности для сред, для которых не разработаны санитарно-гигиенические нормы (в том числе ДО поверхностных водоемов). Химический состав глобальной экосистемы в различных местах земной поверхности различен и тесно связан с геологическим строением территории, ее литологическим составом [3].

Геохимический фон – понятие региональное. По различным данным при выработке экологических нормативов микроэлементного состава почв следует опираться на природные инварианты их содержания. В прикладной геохимии в качестве минимальных показателей содержания практикуется использование показателей глобальной распространенности элементов. Эти значения являются базовыми при подсчете коэффициентов концентрации, по которым можно судить о степени накопления элемента-загрязнителя в какой-либо геохимической системе или ее таксономической части, такие коэффициенты концентрации называются кларками концентрации. За уровень предельно допустимой концентрации микроэлементов в почвах следует принять превышение среднего регионального фонового содержания на три средних квадратичных отклонения, при уровне вероятности $P=0,99$. При этом истинная количественная оценка любого природного или геохимического фона по-прежнему требует тщательного исследования и невозможна без дорогостоящих экспертных знаний [3, 4].

Объекты и методы исследования. Несмотря на многообразие факторов, определяющих состав ДО водных объектов, линейные регрессии между ТМ, определенными во фракциях <2 и <20 мкм имеют высокие коэффициенты (R_{2ter} Pearson) для Cr и Cu (оба 0,94), за которыми следуют Pb (0,9), Cd (0,82), Zn (0,81), Ni (0,76) и Mn (0,72). Низкие и очень низкие коэффициенты найдены для Hg (0,51) и Fe (0,22). Обе «мелкие» фракции (<2 и <20 мкм) способны удовлетворять требованиям мониторинга, инвентаризации и оценки содержания микроэлементов в ДО [5]. Предпочтение следует отдавать быстрому, простому и экономичному отделению <20 мкм путем просеивания.

Эта фракция довольно близко соответствует взвешенному веществу в толще водного объекта [5–7].

В статье приведен анализ техногенного загрязнения такими ТМ как Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, а также As. В качестве объекта исследований в работе приведен участок реки Верхней Волги – от Верхневолжских озер Пено и Волго до Ивановского водохранилища, а также ряд ее притоков. Обследование было проведено авторами совместно с сотрудниками Гейдельбергского университета. В качестве фоновых участков были выбраны ДО Верхневолжских озер Волго и Пено. Их водосборная территория занята смешанным лесом, а сельскохозяйственная освоенность составляет 9% территории [8]. При отборе проб песчаные ДО (особенно русловые фракции аллювия) отбраковываются, преимущество отдается более глинистым пробам. Выделение фракции менее 0,02 мм проводится в химической лаборатории мокрым просеиванием. Определение концентраций ТМ в пробах ДО проводится по методике [5].

Для определения содержания в пробах Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn используется пламенный атомно-адсорбционный спектрометр PERKIN ELMER 4100. Содержание Hg в пробах исследуется на специальных приборах MERCURY ANALYZER с приготовлением отдельного стандарта и реагента. Содержание ТМ на фоновом участке представлено в табл. 1.

В этой же таблице приведены фоновые содержания ТМ, принятые по материалам совместных работ 1983 г. институтами ИМГРЭ (Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов) и ИВП (Институт водных проблем) РАН. Также приведены фоновые значения для фракции $<0,02$ мм, принятые в ФРГ для р. Эльбы [7]. Данные значения используются как универсальные практически для всех пресных водоемов, в особенности на которых затруднительно

Таблица 1

Фоновые значения ТМ в ДО Верхневолжских озер, мг/кг

Микро-элемент	Для фракции ДО $<0,02$ мм [6]	Для ДО [8]	Для фракции ДО $<0,02$ мм [9]
Mn	1162,5	680,0	850,0
Cd	0,37	0,3	0,3
Zn	125,6	37,0	95,0
Pb	14,47	19,0	20,0
Cu	18,15	35,0	45,0
Ni	20,57	11,0	68,0
Co	10,67	6,3	19,0
Cr	32,17	29,0	90,0
Hg	0,12	–	0,4

или невозможно определение локальных либо региональных фоновых значений.

В качестве базовой методики оценки степени загрязнения ДО тяжелыми металлами использовалась система классификации ДО по «индексу геоаккумуляции» [6], который характеризует кратность загрязнения ДО относительно природного фона во фракциях менее грунта <0,02 мм:

$$I\text{-geo}, n = \log_2 (C_n / 1,5B_n),$$

где C_n – измеренная концентрация элемента n в ДО; B_n – геохимическая фоновая концентрация элемента n [10].

Данная система оценки сходна с оценочной шкалой, приведенной в [11]; выражение $C_n / 1,5B_n$ по сути представляет собой коэффициент накопления, где фоновое значение дается с определенным запасом [4, 6]. На основании данного уравнения ДО подразделяются на классы качества по каждому ТМ и мышьяку. Индекс геоаккумуляции также успешно используется для оценки степени загрязненности почв ТМ. На основании данной системы была разработана и применена методика оценки техногенной нагрузки на водные экосистемы, что позволяет оценить уровень потенциальной и реальной опасности загрязнения водоемов [12, 13]. По мнению авторов, данная четырехранговая оценочная структура является оптимальной на современном этапе: слабая (малоопасная), умеренная (умеренно опасная), сильная (опасная) и чрезвычайная (чрезвычайно опасная) техногенная нагрузка. Многолетние исследования экологического состояния водных объектов в бассейнах рек Европы (Германия, Чехия, Сербия и др.) и России показывают хорошую корреляцию техногенной нагрузки, оцененной по составу ДО с биологическим состоянием водных экосистем.

Обсуждение результатов. По результатам исследований определены фоновые значения ми-

кроэлементов для ДО Верхней Волги (табл. 2). При сравнении полученных фоновых значений с глобальными [10] установлено следующее: региональные значения Mn и Zn превышают глобальные почти в 1,5 раза, значения Cd и Pb достаточно близки, значения остальных элементов значительно ниже в 2...3 раза. Как следует из полученных данных, фоновый уровень большинства микроэлементов ДО Верхней Волги значительно выше такового в европейских реках, что связано с географическими особенностями, составом почв и характером водосбора. Повышенное относительно глобального фоновое значение Mn в ДО озер Волго и Пено может объясняться болотистыми отложениями водосбора с высоким содержанием Fe и Mn в самих почвах и в поверхностном стоке в озера с дальнейшей их аккумуляцией.

Понятие глобальный геохимический фон по [5, 10] определяется как среднее для всех типов горных пород: магматических, метаморфических и осадочных. Если один или два типа пород – магматические или метаморфические – отсутствуют на изучаемой территории, что имеет место в бассейнах рек Верхней Волги [8], то региональные фоновые концентрации могут быть существенно ниже, чем их геохимический фон. Для точной оценки техногенного привноса вещества в речные экосистемы необходима постановка специальных исследований, что в частности доказали исследования загрязнения ТМ в бассейне реки Оки – концентрации в ДО ряда элементов (Cr, Ni, Co и Hg) меньше, чем их глобальный геохимический фон [8].

Применение формулы расчета игео-классов на основании имеющихся региональных фоновых значений позволяет рассчитать загрязнения элементами отложений по игео-классам как для изучаемого региона Верхней Волги с ее притоками,

Таблица 2

Уровни загрязнения ДО Верхней Волги в игео-классах

Элемент	Hg	Cu	Zn	Ni	Co	Pb	Cr	Mn	As	Cd	Ag
Р. Малая Коша	Ф/Ф	1/Ф	0/1	1/Ф	1/1	1/1	0/Ф	1/2	1/Ф	Ф/Ф	Ф/–
4 км выше г. Ржева	Ф/Ф	0/Ф	0/1	0/Ф	0/0	0/0	0/Ф	2/3	1/Ф	0/0	0/–
Г. Ржев мост	1/0	1/0	0/1	0/Ф	0/0	2/2	0/Ф	0/1	0/Ф	0/0	0/–
5 км ниже г. Зубцова	0/Ф	0/Ф	Ф/0	0/Ф	0/Ф	0/0	0/Ф	0/1	0/Ф	0/0	0/–
Устье р. Вазузы	0/Ф	0/Ф	0/1	0/Ф	0/0	3/2	0/Ф	1/2	1/Ф	0/0	Ф/–
Г. Старица мост	0/Ф	0/Ф	1/2	0/Ф	0/0	1/1	0/Ф	1/2	0/Ф	0/0	Ф/–
6 км ниже г. Старицы	Ф/Ф	0/Ф	0/1	0/Ф	0/Ф	0/0	0/Ф	1/2	0/Ф	0/0	Ф/–
Мигалово выше г. Твери	Ф/Ф	0/Ф	Ф/0	0/Ф	0/0	Ф/Ф	0/Ф	Ф/0	0/Ф	0/0	Ф/–
Г. Тверь, ниже города	1/0	2/0	2/3	1/Ф	0/0	1/1	1/Ф	Ф/0	1/Ф	Ф/Ф	2/–
Устье р. Тверцы	Ф/Ф	1/0	1/2	0/Ф	0/0	1/1	1/Ф	2/3	1/Ф	2/2	Ф/–
Д. Городня	1/0	1/0	1/2	0/Ф	0/0	0/0	0/Ф	Ф/0	0/Ф	Ф/Ф	Ф/–

Числитель – по материалам обследований 2000 г., знаменатель – по материалам [6] (Ф – фоновое значение).

так и для всей реки Волги целиком, от озера Волго до ее устья. Рассчитанные значения можно использовать также при оценке загрязнения водоемов и водотоков, расположенных в пределах водосборной территории Верхней Волги [8]. В табл. 2 представлены уровни загрязнения ДО Верхней Волги в игео-классах как на основе рассчитанных региональных значений, так и на основе игео-классов по данным [6]. Таким образом, проведен сравнительный анализ уровней загрязнения ДО с различными исходными фоновыми значениями. Необходимым является обоснование определения фоновых значений для каждой водной системы.

Как следует из табл. 2, наибольшие уровни загрязнения ДО отмечены в устьевых зонах р. Вазуза и Тверца. Даже ниже г. Тверь уровень загрязнения ДО р. Волги диагностируется как слабый. Такие элементы как Cu, Zn, Ni, Co, Pb, Cr, As, Cd, Hg находятся в ДО выше их фоновых значений, но коэффициенты их концентрации невелики. Доминирующими показателями загрязнения ДО ниже г. Твери является Cu, Zn, Hg, Ni, Pb, Cr, As. Наиболее значительными загрязняющими элементами являются: Pb в устье р. Вазузы и в г. Ржев, Cd и Mn в устье р. Тверцы, и Zn ниже г. Твери. При этом их максимальные значения не превышают 2–3-го игео-классов по обеим системам и находятся в пределах умеренно и средне загрязненных уровней, а также умеренной техногенной нагрузки. Сравнение двух расчетных систем загрязнения на основе фоновых значений не выявило существенных различий по оценке уровня загрязнения, что объясняется в основном низким содержанием ТМ. Однако при высоких уровнях загрязнения, начиная со среднего загрязненного, различия в оценках данных систем будут увеличиваться.

Также целесообразно оценивать фоновые значения водных систем периодически, через определенные промежутки времени. Сравнение фоновых значений двух периодов выявило различие по ряду элементов (табл. 1). В 2000 г. существенно выше значения Mn, Zn, Co, Ni; в то же время существенно ниже значения Pb и Cu; значения Cd и Cr практически одинаковы. При этом техногенная нагрузка на изучаемый участок за этот период осталась практически неизменной, либо незначительно снизилась.

Данные расхождения могут быть объяснены разницей в методическом подходе к отбору проб ДО различными организациями. Оба подхода предусматривают получение интегральных значений из значительного количества проб ДО. Вместе с тем методика ИМГРЭ подразумевает отбор проб по площади дна, независимо от фракцион-

ного и гранулометрического состава ДО, в то время как доработанная методика ВНИИГиМ оперирует исключительно фракцией ДО < 0,02 мм, что в свою очередь может приводить к разнице в интегральных оценках загрязнения.

Анализ материалов обследований 1983 г. показал, что загрязнение ДО р. Волги выше г. Твери выражено слабо. В черте города и ниже по течению ДО сильно загрязнены [8]. Наблюдается загрязнение устьевых участков притоков Волги – р. Тверцы и Тьмаки. В загрязнении ДО р. Тверцы доминирующими загрязняющими элементами являлись Zn и Pb. Несмотря на расхождения в фоновых значениях, общий уровень загрязнения ДО Верхней Волги за прошедшее время значительно снизился. Следует отметить, что при периодическом измерении фоновых значений ТМ в ДО любых водных систем для более корректного сравнения и оценки изменений следует использовать единую методику отбора, обработки и анализа проб. Повышение концентраций микроэлементов на фоновых участках свидетельствует о возросшей техногенной нагрузке, что в свою очередь дает основания для выведения данных участков из разряда фоновых и поиска более подходящих.

По данным загрязнений ТМ ДО Ивановского водохранилища проведен сравнительный анализ расчета игео-классов по глобальному и региональному фоновым значениям. Определены максимально загрязненные участки водохранилища по наиболее значимым загрязняющим элементам (Cr, Zn, Cd, Pb) – районный центр г. Конаково с реками Сучок и Донховка и Мошковский залив. ДО Мошковского залива испытывают серьезную техногенную нагрузку в результате застройки берегов дачными поселками, активного использования малого водного транспорта, а также сброса сточных вод с Конаковской ГРЭС.

Сравнение игео-классов показало их совпадение практически для всех приведенных элементов, кроме Cr и Zn. В ряде точек отбора игео-класс Zn соответствует 1-му региональному и 2-му глобальному уровню. Игео-классы ДО по Cr наоборот, увеличиваются на 1...2 уровня относительно глобального, что составляет довольно существенную разницу. По региональной шкале загрязнений ТМ в ДО представленных районов Ивановского водохранилища является Cr. Максимальный уровень игео-класса по Cr равен 3-му – среднезагрязненному и умеренно опасной техногенной нагрузке, что свидетельствует о потенциальной опасности вторичного загрязнения и, как следствие, о необходимости наблюдения и недопущении возрастания техногенной нагруз-

ки. В то же время по глобальной шкале содержание Сг в ДО не вызывает опасений.

В отложениях водоемов в черте г. Конаково, в частности в ДО рек Сучок и Донховка, для всех элементов кроме Сг глобальные и региональные игео-классы совпадают практически повсеместно — ввиду их относительно малых концентраций. Значения региональных игео-классов Сг на 1...2 пункта выше глобальных. Максимальный уровень загрязнения равен 3-му в ДО реки Сучок — средний уровень загрязнения, что в свою очередь свидетельствует об умеренной техногенной нагрузке, потенциальной опасности дальнейшего возрастания уровня загрязнения и необходимости к разработке рекомендаций по снижению нагрузки. По европейской системе уровни загрязнения ДО по Сг не превышают 1-й — незагрязненный до умеренно загрязненного — это не совсем соответствует действительному положению дел и может представлять иллюзию отсутствия опасности вторичного загрязнения. Таким образом, региональные либо локальные фоновые значения и основанная на них шкала загрязнений ТМ являются приоритетными для каждой крупной водной системы.

Выводы

1. Полученные региональные фоновые значения позволяют рассчитать загрязнения элементами отложений по игео-классам как для изучаемого региона Верхней Волги с ее притоками, так и для всей реки Волги. Приведенные значения можно использовать также при оценке загрязнения водных объектов, расположенных в пределах водосборной территории Верхней Волги. Таким образом, региональные либо локальные фоновые значения и основанная на них шкала загрязнений ТМ являются приоритетными для каждой крупной водной системы.

2. Сравнение региональной и глобальной систем на данном этапе не выявило существенных различий по оценке уровня загрязнения. Это объясняется низким уровнем содержания ТМ. По региональной шкале загрязнений основным загрязняющим ТМ в ДО приведенных районов Ивановского водохранилища является Сг — 3-й, средне загрязненный уровень и умеренно опасная техногенная нагрузка.

3. Целесообразно оценивать фоновые значения водных систем периодически, через определенные промежутки времени. При измерении фоновых значений ТМ в ДО любых водных систем, для более корректного сравнения и оценки изменений, следует использовать единую методику отбора, обработки и анализа проб. Значительное повышение концентраций микроэлементов на фоновых участках свидетельствует о возрос-

шей техногенной нагрузке, что в свою очередь дает основания для выведения данных участков из разряда фоновых и поиска более подходящих.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисова А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. Киев: Наукова думка, 1979. 292 с.
2. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 272 с.
3. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 2000. 432 с.
4. Экология почв / В.И. Савич, Н.В. Парахин, В.Г. Сычев и др. Орел: Изд-во Орловского государственного аграрного университета, 2002. 546 с.
5. Mueller G., Ottenstein R., Yahya A. Standardized particle size for monitoring, inventory, and assessment of metals and other trace elements in sediments: <20 µM or <2 µM? // Fresenius' Journal of Analytical Chemistry. 2001. V. 371. No. 5. P. 637–642.
6. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins-Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79. 1979. H. 24. S. 778–783.
7. Mueller G., Furrer R. Pollution of the River Elbe — Past, Present and Future // Water Quality International. 1998. Vol. 1. P. 15–18.
8. Кочарян А.Г., Толкачев Г.Ю., Коломийцев Н.В. Содержание микроэлементов в донных отложениях Верхней Волги (от Верхневолжских озер до Ивановского водохранилища) // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. № 5. С. 25–27.
9. Исследования загрязненности донных отложений как основа мониторинга состояния водотоков / Н.В. Коломийцев, В.Е. Райнин, Т.А. Ильина, Л.Б. Зимина-Шалдыбина, Г. Мюллер // Мелиорация и водное хозяйство. 2001. № 3. С. 11–15.
10. Turekian K.K., Wedepohl K.H. Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust // Geological Society of America, Bulletin. 1961. Vol. 72. P. 175–192.
11. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами // Составители: Ю.Е. Сагет, Л.Н. Алексинская, Е.П. Янин. М: ИМГРЭ, 1982. 73 с.
12. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязненности донных отложений / Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский, Т.А. Ильина, Е.Н. Гетьман // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 6. С. 15–19.
13. Техногенное загрязнение речных экосистем / В.Н. Новосельцев и др.; под ред. В.Е. Райнина и Г.Н. Виноградовой. М.: Научный мир, 2002. 140 с.

REFERENCES

1. Denisova A.I. Formation of the hydrochemical regime of Dnepr reservoirs and methods for its forecasting. Kyiv: nauk. thought, 1979. 292 p.
2. Dobrovolsky V.V. Geography of microelements. Global dispersion. M.: Thought, 1983. 272 p.
3. Ecological functions of the lithosphere / Ed. by V.T. Trofimov. M.: Moscow State University Publishing House, 2000. 432 p.
4. Savich V.I., Parakhin N.V., Sychev V.G. and al. Soil ecology. Orel: Publishing house of the Orel State Agrarian University, 2002. 546 p.
5. Mueller G., Ottenstein R., Yahya A. Standardized particle size for monitoring, inventory, and assessment of metals and other trace elements in sediments: <20 µM or <2 µM? // Fresenius' Journal of Analytical Chemistry. 2001. V. 371. No. 5. P. 637–642.
6. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins-Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79. 1979. H. 24. S. 778–783.

7. Mueller G., Furrer R. Pollution of the River Elbe – Past, Present and Future // Water Quality International. 1998. Vol. 1. P. 15–18.

8. Kocharian A.G., Tolkachev G.Yu., Kolomiitsev N.V. The content of heavy metals in the sediments of the Upper Volga from the source to the entrance of the Ivan'kovo reservoir // Melioration and Water Management. 2006 (5). P. 25–27.

9. Kolomiitsev N.V., Rainin V.E., Il'ina T.A., Zimina-Shaldybina L.B., Muller G. Studies of pollution of bottom sediments as a basis for monitoring the status of watercourses // Melioration and Water Management. 2001. (3). P. 11–15.

10. Turekian K.K., Wedepohl K.H. Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust // Geological Society of America, Bulletin. 1961. Vol. 72. P. 175–192.

11. Methodological recommendations for geochemical assessment of contamination of surface watercourses with chemical

elements // Compiled by: Yu.E. Sayet, L.N. Aleksinskaya, E.P. Ioannina. M: IMGRE, 1982. 73 p.

12. Kolomiitsev N.V., Korzhenevskiy B.I., Il'ina T.A. and Get'man E.N. Evaluation of anthropogenic load on water bodies by pollution of sediments // Melioration and Water Management. 2015 (6). P. 15–19.

13. Technogenic pollution of river ecosystems / V.N. Novoseltsev (et al.). Ed. by V.E. Rainin, G.N. Vinogradova. M.: Scientific World, 2002. 140 p.

Толкачёв Глеб Юрьевич, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник отдела рекультивации и охраны земель, k-26@mail.ru; **Ильина Тамара Андреевна**, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник отдела рекультивации и охраны земель, ristolanin@mail.ru; **Гетьман Евгения Николаевна**, ст. науч. сотрудник отдела рекультивации и охраны земель, jene.get@yandex.ru (ФНЦ «ФГБУ ВНИИ-ГиМ им. А.Н. Костякова»).

УДК 631.615: 631.626.1:631.6.03

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-33-39

ИОННЫЙ СОСТАВ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОСУШАЕМОГО БОЛОТА «ГАДОВСКОЕ»

Н.А. УЛАНОВ, А.Н. УЛАНОВ

Ключевые слова: осушенный торфомассив, дренажные воды, ионный состав, кормовой севооборот, лесопосадки, гидрохимическая обстановка, речной сток, артезианская питьевая вода.

Keywords: drained peat bog, drainage waters, ionic composition, fodder crop rotation, forest plantations, hydrochemical situation, river drainage, artesian drinking water.

Аннотация. Приводятся результаты экологической оценки дренажно-сбросных вод с осушаемого низинного торфомассива «Гадовское», используемого в сельскохозяйственной и лесной культурах более 100 лет. Установлено, что гидрохимическая обстановка наиболее тесно связана с гидротермическим режимом, характером и длительностью пребывания различных объектов торфомассива в производстве. С увеличением срока эксплуатации торфяных и выработанных почв повышается степень минерализации стока. Максимальные потери большинства биогенных элементов с дренажными водами приходится на позднеосенний период, минимальное – на весенний. В условиях ограниченного применения агрохимикатов, экологическая нагрузка на окружающую водную среду от поступающих болотных вод незначительна. Артезианские воды под осушаемой торфяной залежью отличаются более высокой жесткостью по сравнению с болотным стоком.

Abstract. The results of the ecological assessment of drainage-discharge waters from the drained peat bog «Gadovskoe», used in agricultural and forest crops for more than 100 years, are presented. It has been established that the hydrochemical situation is most closely related to the hydrothermal regime, the nature and duration of stay of various peat mass objects in production. With an increase in the service life of peat and developed soils, the degree of mineralization of drains increases. The maximum losses of most biogenic elements with drainage waters occur in the late autumn period, the minimum – in the spring. In conditions of limited use of agrochemicals, the environmental impact on the

surrounding aquatic environment from incoming swamp waters is negligible. Artesian waters under the developed peat deposit are characterized by higher rigidity compared to swamp drains.

Установлено, что в процессе осушения болот и дальнейшего их использования в мелиоративном земледелии, в результате минерализации торфа, вместе с дренажными водами в среду водоприемников поступает большое количество зольных элементов и водорастворимых фракций органического вещества (ОВ) [1–3]. В условиях применения большого количества агрохимикатов (удобрения, пестициды) загрязнение сбросных вод многократно возрастает [4–7]. Особенностью природопользования на торфомассиве «Гадовское» является резкая смена во времени уровня агротехники на территории размещения кормовых севооборотов. Так, в 60–80-х годах прошлого столетия под все кормовые культуры стабильно вносили высокие дозы средств защиты растений и минеральных удобрений (до $N_{160}P_{120}K_{180}$ д.в./га). С 1990 г. количество агрохимикатов уменьшилось до физиологического минимума, а на многолетних травах они практически не применялись. Очевидно, что такая смена агрохимической нагрузки не сможет кардинально изменить структуру и гидрохимический облик дренажно-сбросных вод постболотного агро-биогеоценоза, формирующегося на торфомассиве «Гадовское», однако, общий уровень их минерализации, несомненно, может быть только ниже. При агроэкологической оценке болотно-дренажных вод уместным и логически оправданным будет изучение качества непосредственно речной среды, куда сбрасываются эти воды, а так-

же санитарно-гигиеническая характеристика подземных (артезианских) вод, частично питающих бывшее болото.

Цель исследования — проведение агроэкологической оценки качества дренажно-сбросных болотных вод с осушаемого агроландшафта «Гадовское» в условиях минимального агрофона.

Задачи:

- изучить особенность гидрохимического состава дренажных вод в зависимости от режима и длительности использования торфяных и выработанных почв;
- установить сезонную динамику ионного состава дренажных вод;
- определить классификационную принадлежность дренажных вод;
- выявить влияние дренажно-сбросных болотных вод на качество речного стока водоприемника;
- провести сравнительную оценку болотных вод и питьевой воды с артезианских скважин.

Материалы и методы исследований. Основным объектом исследований является осушаемый низинный торфомассив «Гадовское» Кировской области, общей площадью 3000 га в границах нулевой залежи. Болото расположено на второй надпойменной террасе р. Быстрица, которая служит основным водоприемником сбрасываемых болотных вод. Первые осушительные работы проводились в районе юго-западной части торфомассива площадью 400 га в 1914–1918 гг. Сброс воды осуществлялся через магистральный канал, оборудованный на основе бывшей болотной речки Чернушки. После осушения весь этот участок более 90 лет используется для выращивания овощных, технических зерновых и кормовых культур.

Остальная большая часть торфомассива в период с 1934 по 1970 г. выработана послойно-фрезерным способом. По мере выхода из-под торфодобычи, выработанные поля передавались в сельскохозяйственное производство и под вторичные лесопосадки. В результате, на месте бывшего болотного образования сформировался качественно новый антропогенный объект — лесолуговой постболотный агроландшафт, где в определенной последовательности кормовые поля чередуются с участками посадок сосны обыкновенной. На момент наблюдений возраст искусственного древостоя достиг 40...50 лет. Общая площадь залесенных участков около 500 га. Таким образом, доля леса в общей структуре агроландшафта составляет около 20 %.

Освоение выработанной части торфомассива под зернофуражные и кормовые культуры осуществлялось значительно позднее торфяной це-

линной залежи, поэтому степень их окультуривания и запасы органического вещества существенно ниже. Для более объективной оценки влияния длительности и режима использования мелиорируемого объекта на ионный состав дренажно-сбросных болотных вод, территория агроландшафта поделена на 5 основных участков, отличающихся сроком освоения и видом хозяйственной деятельности:

- осушенная торфяная почва, длительность использования в кормопроизводстве более 90 лет, максимально возможная площадь водосбора — 300 га;
- выработанный торфяник, длительность использования более 60 лет, площадь водосбора — 250 га;
- выработанный торфяник, длительность использования в кормопроизводстве более 40 лет, площадь водосбора — 350 га;
- искусственные посадки сосны обыкновенной на выработанных торфяниках, возраст 40...50 лет, площадь водосбора 350 га;
- выработанный торфяник, выведенный из активного природопользования по причине мелиоративной неустроенности, время окончания торфодобычи 1960 г., площадь водосбора — 30 га.

Отбор образцов воды производился из центральных магистральных каналов, осуществлявших максимально возможный общий водосбор с каждого из указанных участков. Время отбора: апрель, июль и ноябрь 2022 г. Анализ воды проводился в испытательном центре ФГБУ ГЦАС «Кировский».

При любом антропогенном воздействии на торфяные почвы, продукты разрушения самого торфа и подстилающей породы способствуют загрязнению водных источников, используемых в качестве водоприемников. Особую опасность представляют фосфат-азотсодержащие соединения и водорастворимые фракции органического вещества, способствующие развитию процесса эвтрофирования, что в свою очередь приводит к преждевременному зарастанию и заболачиванию рек и водоемов [8–13]. Общий сброс болотных вод в р. Быстрица осуществляется через 7 магистральных каналов. Чтобы определить величину предполагаемого загрязнения речной воды, одновременно с указанными выше объектами отбирались образцы в нижнем и верхнем русле реки по отношению к осушаемому объекту.

Вопрос обеспечения населения качественной питьевой водой связан, прежде всего, с выбором места размещения артезианских скважин и глубины извлечения пресной воды из подходящих водоносных горизонтов. Применительно к данной работе, эта проблема имеет следующую особенность: все

скважины оборудованы непосредственно на территории осушаемого болота «Гадовское». Общее количество скважин – 4. Глубина отбора 45...50 м, что соответствует горизонту четвертичных отложений.

Результаты исследования и их обсуждение. Для качественно-количественной оценки дренажных вод определялись: водородный показатель и основной состав ионов, характеризующий гидрохимическую обстановку. В условиях осушаемых торфяников, наиболее информативным показателем антропогенного загрязнения природных вод считается органическое вещество, особенно его водорастворимые фракции [3, 4]. Наиболее практикующим косвенным методом измерения ОВ является определение перманганатной окисляемости (ПО) [14]. В сводной табл. 1 представлены результаты сезонного мониторинга химического состава вод на обозначенных объектах. Так, величина ПО в течение сезона варьировала от 9 до 31 мг/л, что многократно превышает нормативный показатель, составляющий 5 мг/л.

С увеличением срока использования торфяных почв под кормовыми культурами, содержание ОВ в водах существенно увеличивается. В большинстве случаев максимальный вынос ОВ приходится на поздневесенний период (см. табл. 1).

Концентрация ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических про-

цессов, происходящих в природных водах. От величины рН зависит жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на бетон и металлы. От величины водородного показателя (ВП) зависят процессы превращения различных форм биогенных элементов и токсичность некоторых загрязняющих веществ [14]. Значение рН в водах низинных болот обычно колеблется от 7,2 до 8,6 [4–7]. На изучаемых объектах величина рН укладывается в эти параметры и практически не зависит от длительности пребывания почв в культуре. По данным табл. 1 следует, что максимальное значение ВП (до 8,6) на всех объектах отмечено в июле, минимальное (до 7,2) – осенью.

В дренажных водах всех без исключения объектов торфомассива «Гадовское» многократно доминирует гидрокарбонат-анион, придающий природной воде, так называемую, временную жесткость. Максимальное их содержание (300...460 мг/л) в водах приходится на летний период с осушаемой территории, используемой под кормовые культуры. На бесхозных выработанных торфяниках, используемых под вторичные древесностой, количество HCO_3^- в 1,5 раза меньше.

Содержание Cl^- -аниона в болотно-сбросных водах варьирует в пределах 15...27 мг/л, что значительно меньше ПДК, составляющей 350 мг/л. Максималь-

Таблица 1

Характеристика дренажно-сбросных вод на различных осушаемых объектах торфомассива «Гадовское», мг/л

Объект	Время	ПО	рН	Анионы					Катионы					Сумма ионов
				Cl^-	SO_4^{2-}	H_2PO_4^-	NO_3^-	HCO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4^+	K^+	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	
Кормовой севооборот 40 лет	Весна	9,0	7,9	11,9	20,9	0,08	27,7	253,0	61,0	24,0	0,45	0,4	1,36	400,8
	Лето	11,0	8,6	30,7	9,0	0,06	9,7	287,0	59,0	24,0	0,39	0,3	0,62	420,9
	Осень	19,0	7,5	9,0	26,0	0,13	9,0	296,0	70,0	21,0	1,30	0,5	3,70	436,6
	Ср.	13,0	8,0	17,2	18,6	0,09	15,5	278,7	63,3	23,0	0,71	0,4	1,89	419,0
Кормовой севооборот 60 лет	Весна	26,0	7,7	19,0	15,2	0,11	14,3	175,0	43,0	14,0	0,62	0,5	2,56	284,3
	Лето	20,0	8,6	22,9	8,0	0,07	0,8	281,0	61,0	18,0	0,46	0,4	0,91	393,6
	Осень	28,0	7,4	22,1	8,0	0,20	1,6	300,0	67,0	18,0	1,70	0,9	3,40	423,0
	Ср.	24,7	7,9	21,3	10,4	0,13	5,6	252,0	57,0	16,7	0,93	0,6	2,29	367,0
Кормовой севооборот 90 лет	Весна	31,0	7,7	26,0	25,4	0,19	21,4	250,0	64,0	21,0	0,75	4,0	1,68	414,4
	Лето	27,0	8,4	29,4	7,0	0,08	0,3	456,0	88,0	35,0	0,41	10,2	0,74	627,0
	Осень	29,0	7,7	19,3	29,7	0,09	8,0	386,0	84,0	27,0	0,73	0,9	1,17	556,9
	Ср.	29,0	7,9	24,9	20,7	0,12	9,9	364,0	78,7	27,7	0,63	5,0	1,20	532,8
Выработанный торфяник, не используемый в производстве	Весна	19,0	7,6	8,0	7,0	0,09	1,4	159,0	37,0	9,0	0,79	0,3	3,85	226,4
	Лето	25,0	8,3	25,5	7,0	0,13	0,4	247,0	53,0	12,0	0,71	0,2	4,74	350,9
	Осень	27,0	7,2	20,7	7,0	0,31	1,2	243,0	58,0	11,0	0,22	0,6	9,92	352,0
	Ср.	23,7	7,7	18,1	7,0	0,18	1,0	216,0	49,3	10,7	0,57	0,4	6,17	309,8
Выработанный торфяник под лесопосадками сосны	Весна	20,0	7,8	20,4	20,0	0,03	14,6	144,0	41,0	10,0	0,48	0,3	1,07	251,9
	Лето	24,0	8,4	27,4	7,0	0,09	6,6	244,0	55,0	16,0	0,62	0,2	2,71	359,9
	Осень	24,0	7,4	20,0	16,6	0,14	7,3	265,0	65,0	13,0	2,75	0,5	5,64	396,0
	Ср.	22,7	7,9	22,6	14,5	0,09	9,5	217,7	53,7	13,0	1,28	0,3	3,14	335,9

ное количество (до 30 мг/л) приходится на летний период. Отмечена тенденция его незначительного увеличения в водах по мере увеличения срока освоения торфяной почвы под кормовыми травами.

Сульфаты, как и хлориды, относятся к солям, создающим постоянную (трудно устранимую) жесткость природной воды. В сбросных болотных водах их содержание зависит от характера использования объекта и времени отбора образцов. Так, максимальное количество сульфатов (10...30 мг/л) приходится на весенний и осенний периоды под кормовыми культурами, а минимальное (6...9 мг/л) в июле с территории под лесопосадками и неиспользуемыми выработанными участками.

Как уже было отмечено, наибольшую опасность, в плане эвтрофирования водной среды, представляют соединения фосфора и азота [3, 7, 14]. Первые признаки этого процесса могут наблюдаться уже при содержании ортофосфатов 15 мг/л, а нитратных форм азота не должно превышать 1,2 мг/л. По гигиеническим нормативам ПДК нитратов составляет 45 мг/л. В сбросных водах торфомассива содержание водорастворимых соединений фосфора не превышает в среднем за сезон 0,09...0,17 мг/л. Содержание нитратов варьирует от 0,4 мг/л на неиспользуемых выработанных участках до 28 мг/л на полях кормовых севооборотов. В среднем по объектам минимальные потери фосфора и нитратного азота, из-за активного их потребления функционирующими растениями, отмечено в летний период, максимальное – осенью.

Из группы катионов в сбросных водах торфомассива уверенно доминируют двухвалентные ионы. Так, содержание Ca^{2+} колеблется от 40 мг/л на неиспользуемых и залесенных выработанных участках до 90 мг/л под кормовыми севооборотами. Содержание Mg^{2+} под этими же объектами варьирует соответственно от 9...12 до 35 мг/л (табл. 1). Установлено, что по мере увеличения срока пребывания осушаемых земель под кормовыми культурами, количество Ca^{2+} и Mg^{2+} в водах увеличивается. В сезонной динамике максимальные потери Ca^{2+} с дренажными водами приходятся на осенний период, особенно, если он сопровождается обильными осадками. Динамика Mg^{2+} выражена слабее. Аналогичные данные по осушаемым низинным болотам приводят многие исследователи в разных регионах Нечерноземной зоны [2, 4, 6, 7, 15].

Содержание калия (K^+) в дренажно-сбросных водах в целом по торфомассиву редко превышает 1 мг/л. Лишь на торфяной почве, находящейся в сельскохозяйственной культуре более 80 лет (прифермский кормовой севооборот), в весенний и летний периоды его количество может достичь

4...7 мг/л. Обычно это совпадает с разовым внесением большого количества подстильного навоза (до 200 т/га) на эту территорию, как примыкающую к животноводческим объектам. Сезонная динамика K^+ выражена слабо.

Соединения железа, в зависимости от ОВП профиля осушаемой почвы и значений pH, могут находиться в почвенном растворе в двухвалентной (легкоподвижной) и трехвалентной (труднорастворимой) форме одновременно [2, 5, 6, 15, 16]. В целом по торфомассиву в соотношении 60 : 40 доминируют соединения Fe^{3+} . Для более полной качественной оценки железа, как потенциального загрязнителя водоемов, мы приводим суммарное (общее) его содержание в дренажно-сбросных водах. Обращает на себя внимание относительно высокая концентрация ионов железа на всех без исключения объектах. Так, при ПДК 0,3 мг/л [14] разброс значений общего железа в водах составляет от 1,8 мг/л под кормовыми культурами до 6,2 мг/л под лесными культурами. Очевидно, что такая разница в содержании железа в границах одного торфомассива связана не столько с режимами использования объектов, сколько с пестротой природного геохимического фона самого бывшего болота. В сезонной динамике наибольшее количество железа в дренажных водах за счет его закисных форм отмечено в позднеосенний период.

Катионы NH_4^+ , в отличие от нейтральных форм, присутствуют в дренажных водах в незначительных количествах: от 0,4 мг/л под кормовыми культурами до 2,8 мг/л под лесопосадками, что почти укладывается в рамки ПДК (2,5 мг/л) [14]. На всех объектах торфомассива прослеживается общая тенденция: минимальное содержание аммонийного азота приходится на лето, максимальное – на позднюю осень (табл. 1). Это, прежде всего, обусловлено сезонной разницей в гидротермических условиях среды и сменой физиологических ритмов самих растений.

Как уже было неоднократно отмечено, к основным компонентам стока с осушаемых объектов, вызывающим эвтрофирование водной среды относят азот, фосфор и водорастворимые фракции ОВ. В табл. 2 представлен химический состав речной воды в верхней и нижней части русла реки – водоприемник сбросных болотных вод – по отношению к торфомассиву.

Сравнительный анализ воды показывает отсутствие существенной разницы качества воды по всему руслу. Отмечено лишь незначительное превышение нитратного и аммиачного фона в нижней части русла. Скорее всего, это результат продолжающегося биохимического разрушения

Таблица 3

Сравнительная оценка болотных дренажно-сбросных вод и питьевой воды, мг/л

Объект	Время	ПО	рН	Анионы					Катионы					Сумма ионов
				Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Fe _{общ}	
Средняя величина по торфомассиву	Весна	21,0	7,7	17,1	17,7	0,10	15,9	196,0	49,2	15,6	0,62	1,1	2,1	315,6
	Лето	21,4	8,5	27,2	7,6	0,09	3,6	303,0	63,2	21,0	0,52	2,3	1,9	430,5
	Осень	25,4	7,4	18,2	17,5	0,17	5,4	298,0	68,8	18,0	1,34	0,7	4,8	432,9
	Ср.	22,6	7,9	20,8	14,3	0,12	8,3	265,7	60,4	18,2	0,83	1,4	2,9	392,3
Артезианская вода (глубина 45 м)	Весна	11,4	7,7	12,6	55,0	—	53,0	360,0	53,0	20,0	0,07	5,1	0,05	559,0
	Лето	7,3	7,7	12,0	63,0	—	64,0	327,0	75,0	25,0	0,13	3,4	0,06	570,0
	Осень	8,4	7,7	11,0	46,0	—	45,0	310,0	60,0	24,0	0,15	1,7	0,12	498,0
	Ср.	9,0	7,7	11,9	54,7	—	54,0	332,3	62,7	23,0	0,12	3,4	0,08	542,0
ПДК показатели в питьевой воде (СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода»)	До 5,0	6...9	До 350	До 350	—	До 45		200	100	2,5	200 (с Na)	До 0,3	—	

остаточной торфяной залежи, который объективно протекает даже в условиях крайне ничтожного использования удобрительных средств.

Общеизвестно, какую важную роль в жизни человека играет обычная питьевая вода и ее качество. В производственных целях, в частности для поливных работ и поения животных, иногда используют природную воду из рек, водоемов, каналов. Чтобы оценить потребительские свойства воды из открытых источников, в табл. 3 приводятся средние по всем объектам значения ионного состава сбросной воды и артезианской, поступающей в водопроводную сеть с глубины 45...50 м.

Установлена существенная разница по некоторым компонентам химического состава поверхностных и глубинных вод. Так, в артезианских водах значения SO₄²⁻, Mg²⁺, K⁺ и особенно NO₃⁻ в разы выше, чем в поверхностно-сбросных. Обратная ситуация отмечена по содержанию ОВ и общего Fe^{2+,3+}. В питьевой воде их величина в 2,5 и 36 раз ниже соответственно. В рамках требований СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода» для воды питьевой здесь следует отметить,

что превышение ПДК наблюдается лишь по содержанию ОВ и нитратного азота (табл. 3).

Такие отклонения от санитарно-экологической нормы, возможно, обусловлены тем, что скважины были оборудованы на территории осушаемой и используемой в кормопроизводстве части торфяной залежи и, несмотря на многометровую их глубину, определенная связь между различными водными нишами существует.

Выводы

1. Наибольшая доля в увеличении общей минерализации почвенных вод приходится на счет 1- и 2-валентных катионов, сульфатов и гидрокарбонатов. На торфяных почвах к этому добавляется ОВ и азотсодержащие соединения.

2. По совокупности доминирующих ионов дренажно-сбросные воды торфомассива относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу.

3. Наименьшая степень минерализации сбросных вод отмечена на выработанном участке, не используемом в производстве. Здесь зафиксировано максимальное количество соединений железа и минимальное — нитратного азота.

Таблица 2

Влияние болотных дренажно-сбросных вод на ионный состав водоприемника (р. Быстрица), мг/л

Место отбора	Время	ПО	рН	Анионы					Катионы					Сумма ионов
				Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Fe _{общ}	
Верхняя часть русла	Весна	15,0	7,8	9,0	26,1	0,14	11,0	121,0	38,0	11,0	0,52	1,20	1,10	219,0
	Лето	13,0	8,5	27,4	8,0	0,20	1,3	217,0	63,0	15,0	0,30	0,40	0,30	333,0
	Осень	14,0	8,0	25,6	37,0	0,14	6,5	206,0	61,0	16,0	0,82	0,80	0,81	354,6
	Ср.	14,0	8,1	20,7	23,7	0,16	6,3	181,0	54,0	14,0	0,55	0,80	0,74	302,3
Нижняя часть русла	Весна	15,0	7,8	18,3	28,9	0,13	12,5	126,0	38,0	10,0	0,49	1,30	1,31	236,9
	Лето	13,0	8,5	21,0	13,5	0,18	2,1	214,0	56,0	17,0	0,61	0,40	0,19	325,0
	Осень	15,0	8,0	18,6	18,6	0,13	7,5	209,0	68,0	18,0	0,97	0,70	0,84	342,3
	Ср.	14,0	8,1	19,8	20,4	0,14	7,4	183,0	54,0	15,0	0,69	0,80	0,78	301,4

4. По мере увеличения срока использования торфяной и выработанной почвы под кормовыми культурами, увеличиваются потери ОВ и большинства зольных элементов.

5. В сезонной динамике в среднем по объектам максимальное количество ионов вымывается осенью.

6. На участках под кормовыми севооборотами минимальные потери базовых формирующих урожаев элементов (H_2PO_4^- , NO_3^- , NH_4^+ , K^+) приходятся на летний период.

7. В условиях минимального агрофона существенной экологической нагрузки для водоприемников от поступающих болотных вод не выявлено. Незначительное загрязнение происходит лишь за счет азотсодержащих соединений.

8. Артезианские воды под осваиваемой торфяной залежью характеризуются более высокой жесткостью по сравнению с поверхностными дренажно-болотными стоками. Более значительная разница отмечена по ОВ, SO_4^{2-} , NO_3^- , K^+ , Mg^{2+} . Содержание общего железа в питьевой воде в 36 раз ниже, чем в сбросных водах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грабаускаене И., Масилокас Л. Некоторые особенности формирования химизма вод в сельскохозяйственных ландшафтах Литвы // Геохимия ландшафтов и борьба с загрязнением природной среды. М., 1977. С. 13–15.
2. Инишева Л.И. Влияние осушения на режимы почв и химический состав дренажных и подземных вод // Доклады РАСХН. 2000. № 1. С. 18–21.
3. Попов О.Ф. О некоторых гидрохимических особенностях зоны сочленения Белорусской антеклизы и припятской впадины // Проблемы полесья. Вып. 9. Минск: Наука и техника, 1984. С. 154–161.
4. Брезгунов В.С., Окулик В.А. Осушение и качество природных вод мелиорируемых территорий // Проблемы полесья. Вып. 9. Минск: Наука и техника, 1984. С. 266–274.
5. Буткевич Л.Д., Попов Л.В. Охрана водных ресурсов при мелиорации поймы р. Припяти // Проблемы полесья. Вып. 9. Минск: Наука и техника, 1984. С. 180–189.
6. Панов Е.П. Влияние осушительных мелиораций на природные воды // Мелиорация и водное хозяйство. 1998. № 6. С. 27–30.
7. Яшин В.М. Загрязнение дренажного стока с мелиорируемых пойм // Материалы Международной конференции к 118-летию А.А. Костякова «Научные технологии в мелиорации». М., 2005. С. 457–463.
8. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л., 1977. 444 с.
9. Богомолова Р.Т., Баранова Т.А. Вымывание элементов питания из почвы с посевов эжи сборной в условиях лизиметрического опыта // Труды ВНИИМЗ. Калинин, 1988. С. 99–105.
10. Кудельский А.В., Гречко А.М., Пашкевич В.М. Гидрохимическая экспертиза широкомасштабных осушительных мелиораций Белорусского Полесья // Сборник трудов «Проблемы теории и практики осушительных мелиораций». Минск, 1996. С. 20–23.
11. Медведский А.И., Рошка Т.Б., Трофимчик Л.А. Влияние режимов затопления на динамику питательных элемен-

тов и содержание микроэлементов в аллювиальных торфяно-болотных почвах // Мелиорация переувлажненных земель: сборник трудов. Т. XLIII. Минск, 1996. С. 217–240.

12. Стрельбицкая Е.Б., Коломийцев Н.В. Воздействие сбросных вод с осушаемых агроландшафтов на экологическое состояние водоприемников и пути его улучшения // Материалы международной конференции к 118-летию А.А. Костякова «Научные технологии в мелиорации». М., 2005. С. 453–457.

13. Филипенко Н.К., Подвительская М.В. Влияние уровня грунтовых вод на продуктивность трав // Труды Бел. НИИМВХ. Минск, 1996. С. 145–154.

14. Ельшаева М.В. Определение качества воды: учебно-методическое пособие к лабораторным занятиям. СПб-ГАУ, 2017. 42 с.

15. Синькевич Е.И. Химический состав сточных вод с осушенных торфяных почв // Продуктивность торфяных почв под луговыми агроценозами. Петрозаводск, 1981. С. 13–33.

16. Дубовик К.В., Одинец Т.С. Оценка современного состояния качества речных вод в бассейне Припяти // Проблемы полесья. Вып. 9. Минск: Наука и техника, 1984. С. 69–76.

REFERENCES

1. Grabauskene I., Masilyukas L. Some features of the formation of water chemistry in agricultural landscapes of Lithuania // Geochemistry of landscapes and the fight against pollution of the natural environment. M., 1977. Pp. 13–15.
2. Inisheva L.I. The effect of drainage on soil regimes and the chemical composition of drainage and groundwater // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2000. № 1. Pp. 18–21.
3. Popov O.F. On some hydrochemical features of the junction zone of the Belarusian antecline and the Pripyat depression // Problems of Polesie. Issue 9. Minsk: Science and Technology, 1984. Pp. 154–161.
4. Brezgunov V.S., Okulik V.A. Drainage and quality of natural waters of reclaimed territories // Problems of Polesie. Issue 9. Minsk: Science and Technology, 1984. Pp. 266–274.
5. Butkevich L.D., Popov L.V. Protection of water resources during reclamation of the floodplain of the Pripyat river // Problems of Polesie. Issue 9. Minsk: Science and Technology, 1984. Pp. 180–189.
6. Panov E.P. Influence of drainage melioration on natural waters // Melioration and water management. 1998. № 6. Pp. 27–30.
7. Yashin V.M. Pollution of drainage runoff from reclaimed floodplains // Proceedings of the international conference on the 118th anniversary of A.A. Kostyakov «High-tech technologies in land reclamation». M., 2005. Pp. 457–463.
8. Alekin O.A. Fundamentals of hydrochemistry. L., 1977. 444 p.
9. Bogomolova R.T., Baranova T.A. Leaching of nutrients from the soil from the crops of hedgehogs of the national team in the conditions of lysimetric experience // Proceedings of the All-Union Scientific Research Institute of Reclaimed Lands. Kalinin, 1988. Pp. 99–105.
10. Kudelsky A.V., Grechko A.M., Pashkevich V.M. Hydrochemical expertise of large-scale drainage reclamation of the Belarusian Polesie // Collection of works «Problems of theory and practice of drainage reclamation». Minsk, 1996. Pp. 20–23.
11. Medvedsky A.I., Roshka T.B., Trofimchik L.A. Influence of flooding regimes on the dynamics of nutrients and trace element content in alluvial peat-bog soils // Reclamation of waterlogged lands. Collection of works. Vol. XLIII. Minsk, 1996. Pp. 217–240.
12. Strelbitskaya E.B., Kolomytsev N.V. The impact of waste water from drained agricultural landscapes on the ecological state of water intakes and ways to improve it // Materials of the international conference on the 118th anniversary of A.N. Kostyakov «High-tech technologies in land reclamation». M., 2005. Pp. 453–457.

13. Filipenko N.K., Podvitelskaya M.V. Influence of the groundwater level on the productivity of grasses // Proceedings of the Belarusian Scientific Research Institute of Land Reclamation and Water Management. Minsk, 1996. Pp. 145–154.

14. Elshaeva M.V. Determination of water quality // Educational and methodological guide to laboratory classes. St. Petersburg State Agrarian University, 2017. 42 p.

15. Sinkevich E.I. Chemical composition of wastewater from drained peat soils // Productivity of peat soils under meadow agrocenoses. Petrozavodsk, 1981. Pp. 13–33.

16. Dubovik K.V., Odinets T.S. Assessment of the current

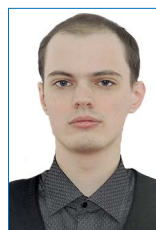
state of river water quality in the Pripyat basin // Problems of Polesie. Issue 9. Minsk: Science and Technology, 1984. Pp. 69–76.

Уланов Николай Анатольевич, канд. с.-х. наук, доцент, ст. науч. сотрудник, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7954-0411>; **Уланов Анатолий Николаевич**, доктор с.-х. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3265-3254>, bolotoagro50@mail.ru (Вятский государственный агротехнологический университет, г. Киров; Кировская лугоболотная опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», п. Юбилейный Кировской обл.).

УДК 631.6:631.347

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-39-42

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПОЛИВА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН «КАСКАД»



М.Г. ЗАГОРУЙКО, Д.А. СОЛОВЬЕВ, Н.Ф. РЫЖКО, С.Н. РЫЖКО

Ключевые слова: орошаемый участок, насосная станция, затраты электроэнергии, полив, ДМ «Каскад».

Keywords: irrigated area, pumping station, energy costs, irrigation, low-pressure sprinkler «Cascade».

Аннотация. В статье показано, что для повышения эффективной эксплуатации орошаемых участков необходимо определять способы снижения эксплуатационных затрат, в том числе за счет повышения энергоэффективности насосных станций. Цель исследования – оценить эффективность использования и энергетические затраты на полив с многоопорными дождевальными машинами «Каскад» в зависимости от особенностей орошаемого участка и используемых насосных агрегатов. Исследованиями установлено изменение расхода воды ДМ «Каскад» в зависимости от длины машины и напора на входе. Исследованиями в ООО «Время-91» и ООО «Листеко» подтверждено, что внедрение низконапорных ДМ «Каскад» и малоэнергоёмких насосов (Д1500-63, 300Д70), работающих с оптимальным расходом воды позволяют снизить потребление электроэнергии на полив в 1,87...2,05 раз по сравнению с высоконапорными насосами Д1250-125. Определены направления дальнейшего снижения потребления электроэнергии на данных участках.

Abstract. The article shows that in order to improve the efficient operation of irrigated areas it is necessary to identify ways to reduce operational costs, including by reducing the consumption of electricity for irrigation at pumping stations. The purpose of the study is to assess the efficiency of use and energy costs of irrigation with multiple-horizontal dosage machines «Cascade» depending on the features of the irrigated area and used pumping units. Studies have established the change of water consumption of DM «Cascade»

depending on the length of the machine and head at the inlet. Researches in LLC «Vremya-91» and LLC «Listeko» confirmed that the introduction of low-pressure DM «Cascade» and low-energy pumps (D1500-63, 300D70), working with optimal water consumption can reduce electricity consumption for irrigation in 1.87–2.05 times compared to high-pressure pumps D1250-125. The directions of further reduction of

electricity consumption in these areas were determined.

Введение. Эффективное использование орошаемых участков с многоопорными дождевальными машинами во многом определяется эксплуатационными затратами, в состав которых входят затраты электроэнергии на полив [1, 2]. Многоопорные дождевальные машины являются наиболее распространенными в орошаемом земледелии нашей страны, они обеспечивают полив более 64% орошаемых земель. [1]. Оросительные системы, построенные в нашей стране в 70–90-х годах прошлого столетия, обеспечивали полив высоконапорными дождевальными машинами типа «Фрегат», «Днепр» и др., а для подачи воды использовались в основном высоконапорные насосные агрегаты типа Д1250-125, QVD и другие с мощными электродвигателями от 400 до 630 кВт [3–5]. При подаче воды на высоконапорные дождевальные машины типа «Фрегат» насос Д1250-125 мощностью 630 кВт даже при оптимальном режиме эксплуатации потребляет 475 кВт·ч на подачу 1000 м³ воды. [5]. В реальных условиях эксплуатации ДМ «Фрегат», когда нет должной регулировки дождевателей на требуемый расход воды, часто наблюдаются протечки через негерметичные прокладки и имеют место небольшие трещины и разрывы в трубах, увеличивается расход воды от требу-

мых 75...100 л/с в соответствии с модификацией до 90...110 л/с и более. В результате насосные агрегаты Д1250–125 вместо 3...4 машин фактически обеспечивали полив две машины, а удельные затраты электроэнергии увеличивались до 500...650 кВт·ч на подачу 1000 м³ воды [3].

Рост стоимости тарифов на электроэнергию влечет за собой повышение затрат на полив [6]. Следовательно, изучение путей повышения энергоэффективности при поливе многоопорными машинами являются актуальными.

Цель исследования — оценить эффективность использования и энергетические затраты на полив с многоопорными дождевальными машинами «Каскад» в зависимости от особенностей орошаемого участка и используемых насосных агрегатов.

Материалы и методы исследований. ООО «Мелиомаш» г. Саратов изготавливает и поставляет в орошаемые хозяйства низконапорные электрифицированные дождевальные машины «Каскад». В зависимости от размеров орошаемого участка длина машин изменяется от 200 до 500 м. Машина может комплектоваться пролетами длиной 59,5 или 65,25 м и консолью длиной 6, 12 18 или 24 м [7]. Это позволяет устанавливать на орошаемом участке машины с точной длиной, которой будет соответствовать половине длины квадратного участка, а это обеспечивает максимальную площадь полива орошаемого участка и полив угловых участков с применением концевых аппаратов и снизить до минимума неполивных примыкающих участков [8]. Давление на входе дождевальной машины «Каскад» составляет 0,25...0,43 МПа. На это влияет размер машины по длине, а также потребления воды на расход.

Подача 1000 м³ воды N_y насосным агрегатом согласно исследованием [9], В.К. Вишневого [10] и др. [12, 13] определяется напором, создаваемым насосом:

$$N_y = 0,0272H.$$

Необходимый напор на выходе подающей насосной станции H_{nc} складывается из величины напора на входе машины $H_{вх}$, потери давления по величине подземного трубопровода $h_{п}$ и величины геодезического уклона $h_{г}$:

$$H_{nc} = H_{вх} + h_{п} + h_{г}.$$

Общие потери напора по длине стального трубопровода равны сумме потерь напора на каждом участке трубопроводов. Требуемый напор на входе $H_{вх}$ в стальной трубопровод при нулевом геодезическом уклоне определяем, исходя из потерь напора $h_{п}$ по длине трубопровода и напора перед концевой насадкой $H_{к}$:

$$H_{вх} = h_{п} + H_{к}.$$

Напор в стальном трубопроводе дождевальной насадки должен быть в пределах 5...10 м вод. ст.

Потери напора по длине стального трубопровода определяем по формуле [11]:

$$h_i = 1,07V^2 / d_b^{1,3},$$

где V — скорость воды в трубопроводе, м/с

$$V = 10Q / 0,785d_b^2,$$

где Q — расход воды в трубопроводе, л/с; d_b — внутренний диаметр трубопровода, мм.

Для оценки эффективности работы низконапорной ДМ «Каскад» проведены полевые исследования на орошаемых участках, имеющих различные площади полива и конфигурации, а также укомплектованы различными насосными агрегатами. В ООО «Время-91» Энгельсского района исследования проводили на орошаемом участке № 1, где смонтированы ДМ «Каскад» и две низконапорные ДМ «Фрегат», а для подачи воды использован насос 1Д500–63 с электродвигателями мощностью 160 кВт и на орошаемом участке № 2, где смонтированы две ДМ «Каскад», а для подачи воды использован насос марки 200Д90 с электродвигателями мощностью 250 кВт. В ООО «Листеко» Энгельсского района смонтированы четыре ДМ «Каскад», а для подачи воды использован насос марки 300Д70 с электродвигателями мощностью 250 кВт. В ООО «Азимут» Балаковского района смонтированы четыре ДМ «Каскад», а для подачи воды использованы два насоса «Грундфос» с электродвигателями мощностью 132 кВт.

Результаты исследований. Проведены исследования для определения расхода воды и энергоемкости полива дождевальных машин «Каскад» № 1, 2, 3 и 4 в ООО «Листеко», где длины машин составляли соответственно 475, 452, 434 и 452 м. Машины укомплектованы устройствами приземного орошения и дождевальными насадками, по разработанным картам. Данные машины «Каскад» № 1–4 позволяют изменять расход воды в пределах от 45 до 66 л/с, благодаря расчетному расходу воды при поливе (63,6; 57,9 и 53,7 и 57,9 л/с), имея низкий напор ($H=46, 39, 35$ и 39 м). Уравнения для расчета расхода вод Q) в зависимости от напора H имеют вид:

для ДМ № 1, $L=475$ м

$$Q = 9,377H^{0,5};$$

для ДМ № 2 и 4, $L=452$ м

$$Q = 9,271H^{0,5};$$

для ДМ № 3, $L = 434$ м

$$Q = 9,082H^{0,5}.$$

Исследования низконапорных ДМ «Каскад» при эксплуатации с малоэнергоёмким насосом 1Д500-63 (ООО «Время-91») в оптимальном режиме обеспечивают экономию энергозатрат на полив (262 кВт) в 1,81 раз (табл. 1) по сравнению с высоконапорными ДМ «Фрегат» и насосами Д1250-125, где энергозатраты на подачу 1000 м³ воды составляют 475...500 кВт и более. Маловыгодным является эксплуатация насоса 1Д500-63 при обслуживании 1 ДМ «Каскад», так как потребляется 370 кВт ч на подачу 1000 м³ воды, что составляет экономию всего 1,28 раз. Если предусмотреть поочередную эксплуатацию всех трех машин на орошаемом участке, то оптимальным будет замена насоса 1Д500-63 на насос с расходом воды 80 л/с марки 1Д315-50 с электродвигателем мощностью всего 55 кВт, а удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды снизятся до 158 кВт·ч или примерно в 3 раза по сравнению с насосом Д1250-125.

Две низконапорные ДМ «Каскад» при их поочередной эксплуатации с насосом 200Д90 и потреблением воды 70 л/с (орошаемый участок № 2 в ООО «Время-91», насосная станция № 3) показали, что удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды большие и достигают 600 кВт·ч. При одновременной работе двух ДМ «Каскад» с общим расходом воды увеличивается до 140 л/с, а удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды снижаются 360 кВт·ч, а при оптимальном расходе воды данного насоса 200 л/с затраты электроэнергии будут снижаться до 330...347 кВт·ч. На данном этапе при поочередной работе ДМ «Каскад» на насосной станции № 3 желательно установить малоэнергоёмкий насос 1Д315-50, затраты электроэнергии будут снижены до 158 кВт·ч.

Исследования низконапорных ДМ «Каскад» при эксплуатации с малоэнергоёмким насосом 330Д70 в ООО «Листеко» показали, что удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды составляют 321 кВт·ч при одновременной работе двух ДМ «Каскад» и снижаются до 253 кВт·ч (в 1,87 раз) при одновременной работе трех машин и до 212 кВт·ч (в 2,05 раза) при одновременной работе четырех машин (табл. 2).

В ООО «Азимут» Балаковского района для подачи воды на четыре ДМ «Каскад» используются два насоса «Грундфос» GS 150-500-511/141 с электродвигателями мощностью 132 кВт, при этом удельные затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды составляют 240 кВт·ч. Кроме того, частотное регулирование оборотов электродвигателя поддерживает постоянное давление на выходе насосной станции, даже при кратковременной остановке одной из машин и составляет 0,5...0,6 МПа.

Заключение. Проведенные исследования показали, что внедрение низконапорных электрифицированных ДМ «Каскад» на различных орошаемых участках с различными низконапорными насосными агрегатами, позволяет снизить потребление электроэнергии на полив по сравнению с высоконапорными ДМ «Фрегат» в 1,28...2,05 раза в зависимости от особенностей насосного агрегата и режима его эксплуатации. Лучшие результаты по экономии электроэнергии в 1,81 раза в ООО «Время-91» с насосом 1Д500-63 (снижение до 262 кВт·ч на подачу 1000 м³ воды) имеет место при одновременном поливе двух машин и в 2,05 раза в ООО «Листеко» с насосом 330Д70 (снижение до 231 кВт·ч на подачу 1000 м³ воды) имеются при одновременном поливе всех четырех ДМ «Каскад».

Для повышения энергоэффективности при поливе необходимо производить реконструкции орошаемых участков с установкой низконапорных дождевальных машин и малоэнергоёмких низконапорных насосов, которые должны эксплуатироваться с оптимальным расходом воды и в режиме минимального потребления электроэнергии на подачу воды.

Таблица 1

Технические характеристики и удельные затраты электроэнергии в ООО «Время-91»

Марка машин	Расход воды, л/с	Давление на насосе, МПа	N_y , кВт·ч на 1000 м ³	Потребляемая мощность электродвигателя, кВт	Экономия энергозатрат, раз
ДМ «Фрегат» и ДМ «Каскад»	140	0,63	262	132	1,81
ДМ «Каскад»	60	0,65	370	80	1,28

Таблица 2

Технические характеристики и удельные затраты электроэнергии в ООО «Листеко»

Работающие машины	Расход воды, л/с	Давление на насосе, МПа	N_y , кВт·ч на 1000 м ³	Потребляемая мощность электродвигателя, кВт	Экономия энергозатрат, раз
№ 1 и 2	121,6	0,75	321,3	140	1,47
№ 1, 2 и 3	175,3	0,73	253,5	160	1,87
№ 1, 2, 3 и 4	300,0	0,7	231,4	250	2,05

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 304 с.
2. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справочник / Под общ. ред. Г.В. Ольгаренко М.: ФГБНУ «Росинформагроиздат», 2015. 264 с.
3. Рыжко Н.Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальной машины «Фрегат» в условиях Саратовского Заволжья: дис.....д-ра техн. наук. Саратов, 2012. 356 с.
4. Рязанцев А.И. Механизация полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия в сложных условиях. Рязань, 1991. 131 с.
5. Рыжко Н.Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин: монография. Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2009. 176 с.
6. Калганов Д.А. Дождевальная машина «Фрегат» с усовершенствованной системой водоподачи для полива в низконапорном режиме: дис. ... канд. техн. наук / Калганов Д.А. Саратов, 2017. 126 с.
7. Машина дождевальная электрифицированная круговая КАСКАД. Руководство по эксплуатации. Техническое описание и инструкция. Саратов, 2017. 133 с.
8. Задорожный Р.Н., Романов И.В. Повышение эффективности ирригации путем подбора конструкции дождевальных машин // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17. № 4. С. 82–86.
9. Энергосбережение при поливе многоопорных дождевальных машин / Н.Ф. Рыжко, С.Н. Рыжко, С.А. Хорин и др. // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 6. С.25–30.
10. Вишневецкий К.П., Подлас А.В. Проектирование насосных станций закрытых оросительных систем. М.: ВО «Агропромиздат», 1990. 93 с.
11. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводящих труб: справ. пособие. 6-е изд. доп. и перераб. М: Стройиздат, 1984. 116 с.
12. Energy efficiency of a center pivot irrigation system / B.D.S. Barbosa, A. Colombo, J.G.N. de Souza, V.B. da S. Baptista, A.C.S. de Araújo // Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 38, n. 2, p. 284–292, mar./apr. 2018.
13. Afzal, Anis, Mohibullah Mohibullah, and Virendra Kumar Sharma. 2010. Optimal Hybrid Renewable Energy Systems for Energy Security: A Comparative Study // International Journal of Sustainable Energy. 29 (1): 48–58.

REFERENCES

1. Meliorativnyj kompleks Rossijskoj Federacii: inform. izdanie. M.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2020. 304 с.
2. Resursosberegayushchie energoэффективnye ekologicheski bezopasnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva orosheniya:

spravochnik / Pod obshch. red. G.V. Olgarenko. M.: FGBNU «Rosinformagroizdat», 2015. 264 с.

3. Ryzhko N.F. Substantiation of resource-saving sprinkling and improvement of the «Fregat» sprinkler machine in the conditions of the Saratov Trans-Volga: dis. ... Dr. Tech. Sciences. Saratov, 2012. 356 p.

4. Ryazantsev A.I. Mekhanizatsiya poliva shirokozahvatnymi dozhdval'nymi mashinami kru-govogo dejstviya v slozhnykh usloviyah. Ryazan, 1991. 131 с.

5. Ryzhko N. F. Sovershenstvovanie dozhdobrazuyushchih ustroystv dlya mnogoopornykh dozhdval'nykh mashin: monografiya. Saratov: FGOU VPO «Saratov GAU», 2009. 176 p.

6. Kalganov D.A. Dozhdeval'naya mashina «Fregat» s usovershenstvovannoy sistemoy vodo-podachi dlya poliva v nizkonapornom rezhime: dis. ... kand. tekhn. nauk / Kalganov D.A. Saratov, 2017. 126 p.

7. Rukovodstvo po ekspluatatsii. Tekhnicheskoe opisanie i instruktsiya. Mashina dozhdval'naya elektrificirovannaya krugovaya KASKAD. Saratov, 2017. 133 p.

8. Zadorozhnyi R.N., Romanov I.V. Povyshenie effektivnosti irrigatsii putem podbora konstruktsii dozhdval'nykh mashin // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2023. T. 17. № 4. С. 82–86.

9. Ryzhko N.F., Ryzhko S.N., Khorin S.A. et al. Energoberehenie pri polive mnogoopornykh dozhdval'nykh mashin // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2021. № 6. С. 25–30.

10. Vishnevsky K.P., Podlas A.V. Proektirovanie nasosnykh stancij zakrytykh orositel'nykh sistem. M.: VO «Agropromizdat», 1990. 93 с.

11. Shevelev F.A., Shevelev A.F. Tables for hydraulic calculation of water pipes. Ref. allowance. 6th ed. add. and revised. M: Stroyizdat, 1984. 116 p.

12. Energy efficiency of a center pivot irrigation system / B.D.S. Barbosa, A. Colombo, J.G.N. de Souza, V.B. da S. Baptista, A.C.S. de Araújo // Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 38, n. 2, p. 284–292, mar./apr. 2018.

13. Afzal, Anis, Mohibullah Mohibullah, and Virendra Kumar Sharma. 2010. Optimal Hybrid Renewable Energy Systems for Energy Security: A Comparative Study // International Journal of Sustainable Energy. 29 (1): 48–58.

Загоруйко Михаил Геннадьевич, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, zagorujko.misha2013@yandex.ru (Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва); **Соловьев Дмитрий Александрович**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины», solovevda@bk.ru (Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов); **Рыжко Николай Федорович**, доктор техн. наук, зав. отделом, ryzhkonf@bk.ru; **Рыжко Сергей Николаевич**, канд. техн. наук, науч. сотрудник, Twglides@gmail.com (ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации», р.п. Приволжский Саратовская обл.).

УДК 631.67: 634.11

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-42-44

СУММАРНОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ЯБЛОНЕВОГО САДА НА ЧЕРНОЗЕМАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ



А.В. КРАВЧУК, В.В. КОРСАК, А.Г. УЛДАНОВ

Ключевые слова: суммарное водопотребление, яблоневый сад, влажность почвы, слой увлажнения.

Keywords: total water consumption, apple orchard, soil moisture, moisture layer.

Аннотация. Авторы в данной статье приводят значения полученных величин суммарного водопотребления яблоневых культур, определенного методом водного ба-

ланса. Суммарное водопотребление является важной гидрометеорологической характеристикой и показателем потребности растений в воде при различных метеорологических условиях. На основании исследований яблоневого сада для условий Нижнего Поволжья установлено, что при орошении большей оросительной нормой более теплого вегетационного периода в отдельные годы величина суммарного водопотребления может быть меньше, чем в более влажный год и с поливом яблонь меньшей оросительной нормой.

Abstract. *The authors in this article give the values of the obtained values of the total water consumption of apple crops determined by the method of water balance. The total water consumption is an important hydrometeorological characteristic and an indicator of the water demand of plants under various meteorological conditions. Based on studies of the apple orchard for the conditions of the Lower Volga region, it was found that when irrigated with a larger irrigation norm of a warmer growing season in some years, the total water consumption may be less than in a wetter year and with watering of apple trees with a smaller irrigation norm.*

Садоводство в Нижнем Поволжье существует с давних времен, так как плодовые культуры являются одними из основных потребляемых продуктов населением данного региона.

В летний период времени с очень высокой температурой воздуха и недостатком осадков на этой территории приводит к снижению фотосинтетической активности листьев и в 2...3 раза сокращает продуктивность растений. Поэтому орошение в этой зоне на участках садоводства позволяет избежать ухудшения качественных характеристик и повышать эффективность производства плодовой продукции. Этот агротехнический прием увеличивает объем и массу плодов, усиливает интенсивность окраски, улучшает вкусовые качества и минеральный состав плодов яблонь, а чрезмерно частые и обильные поливы ухудшают качественную структуру плодов. Учитывая выше изложенное можно отметить, что для поддержания водного режима садовых насаждений необходимо регулярно применять полив, но в определенных оптимальных условиях.

Одной из наиболее важных гидрометеорологических характеристик взаимосвязи с условиями произрастания сельскохозяйственных культур является суммарное водопотребление. Она является основной составляющей водного баланса и играет важную роль в нормальной жизнедеятельности растений и формировании урожая. Величина водопотребления является показателем потребности растений в воде при различных метеорологических условиях [1]. Знание этой потребности позволяет более строго решать вопросы о выборе выращиваемых культур в регионе и о мерах, необходимых для создания высоких урожаев.

Для выбора наиболее благоприятных условий влажности почвы нами проводились исследования по суммарному водопотреблению яблоневых культур на правобережье Нижнего Поволжья.

Полевой опыт, был заложен с целью изучения разного режима увлажнения на сорта яблонь и влияние на их суммарное водопотребление. Опытный участок исследований находился в яблоневом саду УНПК «Агроцентр» Саратовского государственного аграрного университета, ныне Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова.

Климат территории отличается засушливостью и резкой континентальностью, формируется под влиянием воздушных масс, приходящих со стороны Азиатского материка и Атлантического океана, что влияет на удлинение зимы, сокращение переходных периодов и создает возможность глубоких аномалий погоды в виде оттепелей зимой, возвратов холодов весной.

В целом климат рассматриваемой территории вегетационного периода определяется как очень засушливый и сухой.

Почвы опытного участка представлены южными среднесуглинистыми черноземами. Плотность сложения в среднем составляет 1,3 г/см³. Плотность твердой фазы 2,62 г/см³, скважность 48 % от объема почвы. Отбор почвенных образцов на влажность проводился в соответствии с общепринятыми методиками и нормативами по ГОСТ 7.4.3.01–83. Контроль за влажностью почвы на каждом из вариантов проводился термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268–89). Наблюдения велись послойно, через 0,1 до 1 м. Общая влажность в слое рассчитывалась исходя из результатов влажности отдельных слоев. Образцы почвы на влажность отбирались в 4-кратной повторности непосредственно перед поливом, через 1...3 сут после полива или выпадения большого количества осадков.

Исследования проводились в 2021 и 2022 г. на зимних сортах яблонь: Северный синап, Антоновка обыкновенная, Беркутовское. Сорта яблонь были выбраны из условий высокой потребности у местного населения по вкусовым качествам и устойчивой зимней сохранности. Полевой эксперимент заложен методом расщепленных делянок, повторность опыта трехкратная, учетная площадь делянки 36 м². Методика эксперимента, расположение опытных делянок, наблюдения за влажностью почвы, и за фенологическими фазами культур, а также математическая обработка результатов исследований проводилась соглас-

но общепринятым методикам. Опыт проводился по трем вариантам сортов яблонь при различных условиях увлажнения почвы. Варианты включали в себя увлажнение слоев на 0,7 и 1 м и по влажности изменялись от 70 до 100 % НВ [2, 3].

На садовом участке применялось капельное орошение. Для полива использовались капельные линии производства компании Iggi-Go, которые были установлены вдоль ряда деревьев длиной 70...100 м с вмонтированными капельницами через 0,5 м.

Водобалансовые расчеты по определению суммарного водопотребления яблоневого сада проводились для двух лет исследований, характеризующихся различной тепловлагообеспеченностью [4]. Суммарное водопотребление вариантов увлажнения яблоневых деревьев проводилось по методу водного баланса (таблица).

Основной статьей водного баланса являются оросительные нормы, в среднем по влагообеспеченности в 2021 и 2022 г. они составляли 77,4...83,9 % от суммарного водопотребления. Так, в 2021 г. для поддержания влажности почвы в пределах 70...100 % НВ по вариантам опыта для расчетного слоя почвы в 0,7 м и слоя 1 м потребовалось четыре полива нормой соответственно 380 и 430 м³/га с интервалами между ними 35...40 дней. В 2022 г. потребовалось пять поливов такими же нормами с интервалами между ними 28...33 дня.

Полученные данные показали, что с увеличением слоя увлажнения почвы с 0,7 до 1 м суммарное водопотребление яблоневого сада изменялось в определенных пределах. Отмечалась тенденция увеличения показателей суммарного водопотребления с повышением слоя увлажнения. Это об-

Суммарное водопотребление яблонь

Вариант	Сорт	Слой увлажнения, м	Суммарное водопотребление, мм
2021 г.			
I	Северный синап	0,7	453
		1,0	477
II	Антоновка обыкновенная	0,7	453
		1,0	464
III	Беркутовское	0,7	443
		1,0	451
2022 г.			
I	Северный синап	0,7	427
		1,0	415
II	Антоновка обыкновенная	0,7	423
		1,0	435
III	Беркутовское	0,7	422
		1,0	426

условлено повышением размерами оросительных норм с 1650 до 1800 м³/га в 2021 г. и с 2050 до 2200 м³/га в 2022 г.

Величина суммарного водопотребления яблоневого сада трех сортов рассматриваемых культур в зависимости от глубины увлажняемого слоя в 2022 г. варьировала в пределах 415...435 мм., в 2021 г. — в пределах 443...477 мм.

В среднем за два года при режиме предполивной влажности почвы 70 % НВ и глубинах увлажняемого слоя 0,7 и 1 м суммарное водопотребление яблоневого сада составляло 457 и 425 мм.

Таким образом, не смотря на более теплый и сухой вегетационный период 2022 г. с большим объемом оросительной воды, величина суммарного водопотребления яблоневого сада была ниже, чем в более влажном 2021 г. Данная картина говорит о том, что осадки 2021 г. своевременно и более благоприятно в большей степени повлияли на плодовые культуры, за счет чего и увеличилось значение суммарного водопотребления всех сортов яблонь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1951. 750 с.
2. Григоров М.С., Кравчук А.В. Обоснование выбора верхнего и нижнего предела влажности и глубины увлажнения расчетного слоя почвы // Доклады Российской академии сельскохозяйственной наук. 2007. № 1. С. 31–33.
3. Кравчук А.В. Роль верхнего порога влажности при назначении режимов орошения сельскохозяйственных культур // Научное обозрение. 2015. № 3. С. 29–32.
4. Кравчук А.В., Бессмольная Е.Н., Васильченко Д.В. Зона активной работы корневой системы // Научное обозрение. 2013. № 12. С. 11–14.

REFERENCES

1. Kostyakov A.N. Foundations of reclamation. M.: Selkhozgiz, 1951. 750 s.
2. Grigorov M.S., Kravchuk A.V. Justification of the choice of the upper and lower limits of humidity and moisture depth of the calculated soil layer // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2007. No. 1. S. 31–33.
3. Kravchuk A.V. The role of the upper threshold of humidity in the appointment of crop irrigation regimes // Scientific Review. 2015. № 3. S. 29–32.
4. Kravchuk A.V., Bessmolnaya E.N., Vasilchenko D.V. The zone of active work of the root system // Scientific review. 2013. № 12. S. 11–14.

Кравчук Алексей Владимирович, доктор техн. наук, профессор кафедры «Гидромелиорация, природообустройство и строительство в АПК», aleks100sgau@yandex.ru; **Корсак Виктор Владиславович**, доктор с.-х. наук, профессор кафедры «Гидромелиорация, природообустройство и строительство в АПК», wcorsac@rambler.ru (Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов); **Улданов Азамат Гиниятович**, зам. начальника отдела эксплуатации мелиоративных систем, azikuldan@mail.ru (ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Саратовской области», г. Саратов).

140 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А.Д. БРУДАСТОВА (1884–1951)



40 лет назад отмечалось 100-летие со дня рождения выдающегося ученого, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Алексея Дмитриевича Брудастова, одного из основоположников российской мелиоративной науки. В 1984 г. еще работали многие из его учеников, в том числе поделившиеся о нем своими воспоминаниями (зав. кафедрой мелиорации МГМИ, д.т.н. Е.С. Марков, В.П. Щипакин, Г.И. Тараканов, Р.А. Брудастова). Не было забыто и 125-летие, теперь наступило 140-летие.

А.Д. Брудастов родился 31 марта 1884 г. в Москве. После смерти отца 14-летний Алексей стал фактически главой семьи из пяти человек. Совмещая учебу и работу (летом в изыскательских партиях), он закончил в 1910 г. инженерное отделение Московского сельскохозяйственного института (ТСХА). Будучи начальником Гидротехнической части Владимирско-Рязанского управления Министерства земледелия и государственных имуществ руководил осушительными работами, выступал на съездах мелиораторов и гидротехников, публиковал результаты исследований. Тогда уже он пришел к выводу о необходимости регулирования рек-водоприемников и проведения широких комплексных изысканий для проектирования мелиоративных работ. Его деятельность была отмечена именным знаком «Почетный гражданин», дающим право на получение дворянского звания.

В 1916–1917 гг. А.Д. Брудастов участвовал в Первой мировой войне, куда он пошел добровольцем, воевал в инженерных войсках, получил несколько боевых орденов и закончил войну в звании подполковника. Его предложение о затоплении участка в районе Полесья позволило сократить линию фронта на расстоянии около 100 км и снять там войска.

После революции Алексей Дмитриевич вернулся во Владимир, где заведовал подотделом осушения губернского земельного управления. В начале 20-х годов познакомился с Алексеем Николаевичем Костяковым и в 1922 г. перешел на работу в Гидромодульную часть Наркомзема СССР, на базе которой был создан Госу-

дарственный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной мелиорации (ГИСХМ), реорганизованный в 1929 г. во Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ). Параллельно он преподавал в выделившемся из Тимирязевской академии Московском гидромелиоративном институте.

А.Д. Брудастов одним из первых предложил методы защиты земель от подтопления водохранилищами, разработал систему противомалырийной защиты.

Большое внимание А.Д. Брудастов уделял развитию теории и практики применения дренажа при осушении сельскохозяйственных земель. В 1928 г. им предложена методика проектирования дренажа, формула для расчета расстояния между дренажами, а в 1934 г. вышла первая инструкция по осушению дренажем, в которой учитывался тип водного питания. Под его руководством выполнялись исследования по осушению глинистых и суглинистых почв с помощью закрытых собирателей (дренаж с фильтрующей засыпкой) на опытных участках под Можайском, Красным Холмом и на объектах осушения для специальных целей; была подготовлена научная база для широкого применения дренажа в нашей стране.

Большой вклад им был сделан в теорию проектирования и разработку проектов осушительных мелиораций при строительстве аэродромов в предвоенные годы и во время войны.

А.Д. Брудастов являлся создателем и заведующим первой кафедрой организации и механизации гидромелиоративных работ в Московском гидромелиоративном институте, он был соавтором первого руководства по проведению гидромелиоративных работ, внес большой вклад в теорию и практику их механизации.

А.Д. Брудастов был талантливым педагогом, на лекциях увлекал слушателей своими обширными знаниями, эрудицией и убежденностью в перспективах превращения заболоченных земель в плодородные пашни.

А.Д. Брудастов – автор многочисленных трудов по осушению. Капитальный труд «Осушение минеральных и болотных земель» выдержал четыре издания (последнее в 1955 г.). Работа «Осушение строительных площадок и аэродромов» (1936) получила признание у проектировщиков.

Алексей Дмитриевич Брудастов был широко образованным, трудолюбивым, принципиальным человеком, полностью преданным науке, как и его соратники (А.Н. Костяков, А.Д. Дубах, А.А. Черкасов). Последующие поколения мелиораторов и гидротехников творчески осваивают его научное наследие, развивают идеи. Жизнь и деятельность А.Д. Брудастова – пример беззаветного служения науке на благо страны.

НИКОЛАЮ НИКОЛАЕВИЧУ ДУБЕНКУ – 75 ЛЕТ



Николай Николаевич Дубенок родился 5 февраля 1949 г. в селе Вербовичи Наровлянского района Гомельской области.

После окончания гидромелиоративного техникума, срочной службы в армии и работы в проектно-технологическом институте в должности инженера, поступил в Московский гидромелиоративный институт, который окончил в 1976 г. Далее – в Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева (ныне – Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева): ассистент кафедры мелиорации и геодезии (1976–1979), старший преподаватель (1980–1984), доцент (1985–1989), заведующий Кафедрой мелиорации и геодезии (1989–2010), декан факультета почвоведения, агрохимии и экологии (2004–2009), академик-секретарь отделения мелиорации, водного и лесного хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (2010–2014), с 2014 г. – заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Научный руководитель Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Заместитель директора по науке, заведующей отделом экосистемного водопользования и предотвращения опустынивания Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. Член-корреспондент РАСХН с 2005 г., академик РАСХН с 2007 г., академик РАН с 2013 г. – Отделение сельскохозяйственных наук.

Академик Н.Н. Дубенок – выдающийся инженер-гидротехник, видный ученый в области ресурсосберегающих, экологически обоснованных технологий орошения склоновых земель, направленных на предотвращение водной и ирригационной эрозии на орошаемых агроландшафтах. Авторитетный специалист в области обоснования экологического использования мелиорированных земель, рекультивации и охраны земель, гидротехнической

мелиорации, водного хозяйства. Научной общественности и большому кругу специалистов сельского хозяйства России и за рубежом хорошо известны его научные труды, посвященные проблемам использования мелиорированных земель. Его разработки внедрены в Республике Татарстан, Амурской, Астраханской, Волгоградской, Калининградской, Ленинградской, Московской, Оренбургской Ростовской, Рязанской, Ярославской областях и других регионах России, а также в Республике Беларусь.

При непосредственном участии Н.Н. Дубенка поддерживаются международные отраслевые контакты, разрабатываются важнейшие нормативные правовые акты, целевые программы, регулирующие отрасль мелиорации. Он принимал участие в подготовке Федеральной целевой программы «Сохранение почв, земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов, как национальное достояние России на 2006–2010 гг. и на период до 2013 г.», а также является одним из разработчиков Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на 2014–2020 гг.», концепции Государственной программы «Эффективное вовлечение в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» на 2022–2030 гг.

Доктор сельскохозяйственных наук с 1994 г., профессор с 1996 г. Под руководством Н.Н. Дубенка создана научная школа, известная как в нашей стране, так и за рубежом – подготовлено 4 доктора и 24 кандидата наук. В настоящее время руководит подготовкой диссертаций 2 докторантов, 8 аспирантов и соискателей. Выпускники школы Н.Н. Дубенка успешно работают в ведущих аграрных вузах, научно-исследовательских институтах, государственных структурах, коммерческих организациях.

Им опубликовано более 580 научных и методических работ, в том числе 73 патента на изобретения, 30 книг и монографий, ряд нормативных документов для проектных водохозяйственных организаций, сельскохозяйственных предприятий разных форм собственности.

Специалистам известны его труды, написанные индивидуально или в соавторстве: «Землеустроительные работы по почвозащитной организации территории в условиях проявления эрозионных процессов: учеб. пособие для студентов агр. спец. Ч. 2. Противозерозионная организация угодий и севооборотов», «Землеустройство с основами геодезии: учеб. для студентов вузов по агр. спец.», «Осушительно-оросительная система», «Пруды в агроландшафтах: учеб. пособие», «Адаптивные агромелиоративные ландшафты в земледелии: теория и практика развития», «Практикум по гидротехническим сельскохозяйственным мелиорациям», «Мелио-

рация и рациональное использование переувлажненных мелиорированных земель Нечерноземья России и Беларуси». Член редколлегии ряда научных журналов.

Академик Академии водохозяйственных наук РФ, Международной академии экологии и природопользования, академик Международной академии информации, информационных процессов и технологий, почетный профессор Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, Волгоградского государственного аграрного университета, Брянского государственного аграрного университета.

Избирался академиком-секретарем Отделения мелиорации, водного и лесного хозяйства Россельхозакадемии, с 2022 г. – член Президиума РАН, член Бюро (до 2022 г.) Отделения сельскохозяйственных наук РАН, член Научно-издательского совета РАН.

Член президиума ВАК при Минобрнауки РФ (2016–2022 гг.), Советник ВАК при Минобрнауки РФ, Президент Фонда Национального Комитета РФ по ир-

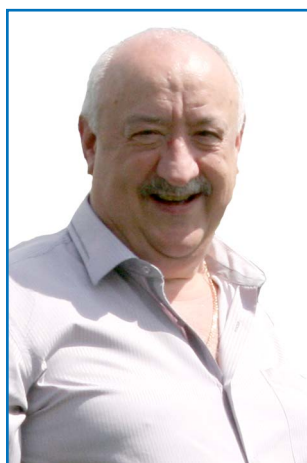
ригации и дренажу, член совета Союза водников и мелиораторов России, сопредседатель Всероссийского профессорского собрания по сельскохозяйственным наукам.

Награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, юбилейной медалью «300 лет Российской академии наук», медалью «За воинскую доблесть», медалью «В память 850-летия Москвы», медалью «За вклад в развитие агропромышленного комплекса России», золотой медалью им. А.Н. Костякова, Золотой медалью «За вклад в развитие АПК РФ», 7 золотыми, 3 серебряными и 1 бронзовой медалью ВДНХ и ВВЦ.

Ему присвоено звание «Почетный работник агропромышленного комплекса России».

Награжден Благодарственным письмом Президента Российской Федерации в связи с 300 летием Российской академии наук. Удостоен Благодарности Совета Федерации РФ, Благодарности председателя Государственной Думы, Почетными грамотами Президиума Российской академии наук, Министерства сельского хозяйства РФ.

ВАСИЛИЮ ВИКТОРОВИЧУ ГОРДИЕНКО – 65 ЛЕТ



Заместителю директора ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» кандидату экономических наук В.В. Гордиенко 26 января 2024 г. исполнилось 65 лет.

Вся трудовая деятельность Василия Викторовича Гордиенко посвящена мелиорации земель Саратовской области. После окончания в 1978 г. Пугачевского гидро-мелиоративного техникума он служил в рядах Советской армии. Затем после окончания Саратовского экономического института в 1985 г. работал в должности старшего и затем главного экономиста Управления Энгельсской оросительно-обводнительной системы. Благодаря высокому профессионализму, начиная с 1987 г., Василий Викторович работает только на руководящих должностях областного управления мелиорации. С 2002 по 2004 г. работал в должности директора ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз». В настоящее время ра-

ботает в должности заместителя директора по эксплуатации мелиоративных систем. Под его непосредственным контролем осуществляется подача воды на нужды орошения сельскохозяйственных культур в Саратовской, Самарской, Пензенской, Ульяновской областях и Республике Мордовия общей площадью 578,091 тыс. га, в том числе на государственных оросительных системах – 364,817 тыс. га. Филиалами Управления заключено 194 договора на оказание услуг по подаче воды на полив сельскохозяйственных культур. В 2023 г. сельскохозяйственные предприятия области в соответствии с графиком осуществили полив сельхозкультур на оросительных системах Управления на площади 112,8 тыс. га на сумму 900 млн руб. Произведено поливов 512 тыс. га, кратность составила 4,2 раза. Головными и перекачивающими насосными станциями оросительных систем в 2023 г. в магистральные и распределительные каналы подано 496 млн м³ воды, в том числе на полив сельскохозяйственных культур – 232 млн м³ воды и на цели обводнения сельских поселений на площади – 1,5 млн га.

Для подачи воды водопотребителям сегодня используется более 1800 км магистральных и межхозяйственных каналов, 355 стационарных электрифицированных насосных станций, 98 аккумулирующих водохранилищ общим объемом 822,4 млн м³.

При непосредственном участии Василия Викторовича удалось сохранить в работоспособном состоянии всю структуру мелиоративного комплекса федеральной формы собственности. С 2016 г. до настоящего времени успешно реализуются мероприятия по оптимизации

работы эксплуатационной службы Управления и филиалов, разработанные и внедренные при непосредственном участии.

Благодаря совместной с инвесторами работе руководства Управления и Василия Викторовича лично, проводится активная работа по восстановлению, реконструкции и обеспечению ввода новых орошаемых площадей в области.

При активном участии Василия Викторовича Гордиенко в 2000 г. создан музей трудовой славы саратовских мелиораторов. Под его руководством выходят материалы про трудовые достижения специалистов филиалов и Управления, о работе с молодыми специалистами. Материалы о внедрении передовых технологий в производство размещаются на сайте Управления, а в дальнейшем – на сайте Департамента мелиорации Минсельхоза России.

Василий Викторович обладает прекрасными организаторскими способностями, в работе постоянно проявляет изобретательность и находчивость. Обладает высокой работоспособностью, умением достигать желаемых результатов. Объективно оценивает своих подчиненных и результаты их работы. Умеет использовать имеющиеся возможности по стимулированию деятельности подчиненных в нужном направлении путем поощрений и наказаний. Коммуникабельный, дисциплинированный. Не-

укоснительно придерживается правил и норм деловой этики. В отношениях с коллегами корректен, благожелателен. В коллективе пользуется заслуженным авторитетом и уважением.

Указом Президента РФ в 1997 г. Василию Викторовичу присвоено Почетное звание «Заслуженный мелиоратор Российской Федерации». В 2000 г. за многолетний добросовестный труд в системе мелиорации, за большой вклад в развитие мелиоративной системы Саратовской области награжден Почетной грамотой Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации. Также награждался почетными грамотами Министерства сельского хозяйства и продовольствия Саратовской области, Почетной грамотой Обкома профсоюза, Почетной грамотой Саратовской областной организации профсоюза работников агропромышленного комплекса, Почетными грамотами ФГБУ «Управление Саратовмелиоводхоз».

Уважаемый Василий Викторович!

Примите наши искренние поздравления с юбилеем и пожелания дальнейших трудовых успехов в развитии мелиоративного комплекса Саратовской области. Здоровья, благополучия Вам, Вашим родным и близким! Удачи!

*С уважением, коллектив
ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз».*

МАРСУ МАНСУРОВИЧУ ХИСМАТУЛЛИНУ – 50 ЛЕТ



Дорогой Марс Мансурович!

Поздравляю с Днем рождения! Не удивляйтесь, 8 апреля 2024 г. все ФГБУ «Приволжскмелиоводхоз» поздравляет Вас.

Ваши трудовые успехи всегда радуют нас, и мы с удовлетворенностью отмечаем еще гораздо более крупным составом коллег и друзей. Несомненно, мы верим в успех ФГБУ «Приволжскмелиоводхоз». Опыт мелиоративного строительства ФГБУ «Татмелиоводхоза» будет, несомненно, предопределен в Поволжье.

Вы прошли достойный путь руководителя не простым коллективом и удерживали качество управления и организации мелиоративных дел на высоком уровне по принципу Залакова Анвара Махмутовича: строим качественно, надежно, комплексно, научно обоснованно.

Ваши заслуги предопределили, отдав предпочтение Вашему назначению руководителем ФГБУ «Приволжскмелиоводхоз». Вы все знаете и все умеете, дело теперь закрепить себя в науке и именно в трехсотлетие Российской Академии наук. Мы верим Вам, дорогой Марс Мансурович!

Крепкого здоровья, широких возможностей и неисчерпаемой энергии. Ловите каждый счастливый момент и наслаждайтесь им. Пусть в жизни Вас всегда преследует успех, удача, благополучие, всегда смело идите вперед к своей мечте, здоровья семье, родным и близким!

Отменных результатов ФГБУ «Приволжскмелиоводхоз»!

С Днем рождения, дорогой! На белом свете
Где б ни был ты – хоть рядом, хоть далек,
Пока друзья живут на белом свете,
Ты никогда не будешь одинок!

С глубоким уважением, Г.Г. Гулюк

ПАМЯТИ ДИВАКОВА АНАТОЛИЯ ИВАНОВИЧА



5 марта 2024 г. ушел из жизни инженер, посвятивший себя мелиорации.

А.Н. Диваков начал свою мелиоративную деятельность в Еремичском СМУ треста «Брестводстрой» Белорусской республики в должности главного инженера СМУ. Я познакомился с Анатолием Ивановичем 58 лет назад там же, работая бригадиром по строительству дренажа. Анатолий Иванович – квалифицированный инженер, знавший мелиоративную отрасль. Он проявлял внимание к работающим специалистам и рабочим, был душой коллектива.

Он глубоко понимал жизненные условия работы коллектива, рабочие с особым вниманием относились к Анатолию Ивановичу, обращались по разным вопросам. Они были уверены в незыблемом условии – все будет исполнено. Несмотря на молодость, к нему обращались на «Вы» и «Анатолий Иванович».

Во время начала освоения Нечерноземья А.Н. Диваков был переведен в Вологодскую область.

Анатолий Иванович оставил хорошее впечатление у областного руководства. Я лично убедился в том, что объединение «Вологдамелиорация» пользуется достойным уважением. Во время работы главным инженером меня часто приглашали для решения строительных вопросов. За годы работы в Вологодской области под руководством Анатолия Ивановича мелиораторам построили базу в составе: завод ЖБИ на 80 тыс. м³ железобетонных изделий, завод крупнопанельного домостроения мощностью 72 тыс. м² в год, управление технической комплектации за 32 млн руб. Огромный завод деревообработки, ремонтно-технические предприятия, автобаза на 240 автомобилей. Это одна из крупнейших баз в Нечерноземной зоне, более 46 млн руб. деньгами до 1980 г.

А когда в 1982 г. встал вопрос моего перевода руководителем «Смоленскмелиорацией», Анатолий Иванович убедил меня остаться в Вологде, сам он уехал на родину в Смоленск в 1982 г. Таким образом, мелиораторы Еремичского СМУ возглавляли мелиорацию в Вологде и Смоленске.

Я низко кланяюсь Анатолию Ивановичу Дивакову за огромную школу управления крупными мелиоратив-

ными стройками, в дальнейшем в Москве – крупнейшим главком «Главнечерноземводмелиоводхозом».

В это скорбное время посылаю вам надежду и надеюсь, что вы найдете в себе силы пережить настоящие трудные дни. Наши глубочайшие соболезнования вам и вашей семье. Уверен, что поддержка близких обернется теплой минутой в это печальное время.

Анатолия Ивановича больше нет, но он никогда не исчезнет из наших сердец. Просто поищите в своем сердце, чтобы найти то, что потеряно. Если бы не было столько любви, не было бы так тяжело прощаться, наши мысли с вами. Я надеюсь, что вы найдете радость и утешение в воспоминаниях об Анатолии Ивановиче Дивакове и о жизни, которую он прожил. Примите мои глубочайшие соболезнования в связи с вашей утратой. Мои мысли с вами, когда вы вспоминаете о моем друге, и я сожалею. Никто не может заменить друга и никто не должен это делать. Анатолий Иванович будет жить в сердцах тех, кто его знал.

Нет слов, чтобы выразить, как мы сожалеем о вашей утрате. Я знаю, что говорю за всех нас, мы все готовы прийти на помощь. Если мы можем что-то сделать, чтобы утешить вас, мы будем рады это сделать.

Я был потрясен и опечален известием об Анатолии Ивановиче. Примите мои искренние соболезнования в связи с утратой. Он был хорошим человеком и я вам глубоко сочувствую.

Никто не может понять потери Анатолия Ивановича, но наступит время, когда печаль утихнет и вы сможете поразмышлять о более счастливых воспоминаниях. Никто не может заменить Анатолия Ивановича, но как лучи солнца, теплые воспоминания могут пронзить темноту. Пусть ваша душа будет согрета теплом этих лучей.

Бог держит вас в своих объятиях с такой же нежностью, с которой вы когда-то держали дочь Наталью. Пусть он возьмет на себя ваше бремя печали, побудит вас вновь обрести радость.

Еще глубоко сожалею о смерти Анатолия Ивановича. Я сочувствую вашей печали и знаю, что невозможно представить жизнь без него. Ваши воспоминания помогут справиться с горем. Он был старательным, умным и любящим человеком и память о нем жива в нас.

Мои мысли и молитвы с вами. Надеюсь, что поддержка близких вам поможет пережить эту потерю. Выражаю глубочайшее сочувствие.

Выражаю соболезнование всем коллегам Анатолия Ивановича. Нам всем очень повезло, что он работал с нами – мы имели возможность многому у него научиться, черпать накопленный годами опыт и знания. Верю, что переданный опыт не пропадет даром и обязательно принесет свои плоды, мы еще не раз вспомним его с благодарностью в сердце и теплой душе.

Спи спокойно, наш друг. Пусть земля тебе будет пухом.

Г.Г. Гулюк