



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. 70 лет освоения целинных
и залежных земель 2

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ: ЗАПАСЫ И КАЧЕСТВО

**Кудратов Т.У., Якубов М.А., Мирхасилова З.К.,
Усманов Ш.А.** Современное состояние
водно-солевого режима орошаемых земель
в Бухарской области 4

МЕЛИОРАЦИЯ И УРОЖАЙ

**Валиев А.Р., Хисматуллин М.М.,
Сержанов И.М., Сафиоллин Ф.Н., Сошнева С.В.,
Вафин Р.К.** Организация семеноводства
сельскохозяйственных культур на орошении
и техника полива 7

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕЛИОРАЦИИ

Мажайский Ю.А. Перспектива научных
исследований торфяных болот Рязанской
Мещеры 16

Максимов С.А., Головинов Е.Э., Ичитегетсе И.
Метеоданные реанализа для обоснования
мелиоративного режима орошаемых земель
Республики Бурунди 19

**Мартынова Н.Б., Балабанов В.И., Михеев П.А.,
Карпов М.В.** Определение оптимальных
параметров капельной ленты для
механизированной укладки 24

ОРОШЕНИЕ

Кожанов А.Л. Моделирование режимов
распределения водных ресурсов
мелиоративных систем двойного регулирования . . 28

**Ольгаренко В.И., Ольгаренко И.В.,
Ольгаренко В.И., Коржов И.В.**
Оперативное диспетчерское управление
водораспределением в оросительных системах
по расчетному приращению объемов. 36

ИНФОРМАЦИЯ

Виктору Петровичу Якушеву — 75 лет 43
Памяти Виктора Васильевича Мелихова. 44

CONTENTS

EDITOR'S PAGE

Guliuk G.G. 70 years of development of virgin
and fallow lands 2

WATER RESOURCES: RESERVES AND QUALITY

**Kudratov T.U., Yakubov M.A., Mirkhasilova Z.K.,
Usmanov Sh.A.** Current state of water-salt regime
irrigated land in Bukhara region 4

MELIORATION AND HARVEST

**Valiev A.R., Khismatullin M.M., Serzhanov I.M.,
Safiollin F.N., Sochneva S.V., Karimov A.Z.**
Organization of seed production of agricultural
crops on irrigation and irrigation techniques 7

SCIENTIFIC ENSURING MELIORATION

Mazhayskiy Yu.A. The prospect of scientific
research of peat bogs of the Ryazan Meschera 16

Maksimov S.A., Golovinov E.E. Icitegetse I.
Meteorological data of reanalysis to substantiate
the reclamation regime of irrigated lands of the
Republic of Burundi. 19

**Martynova N.B., Balabanov V.I., Mikheev P.A.,
Karpov M.V.** Determination of optimal parameters
of drip tape for mechanized laying 24

IRRIGATION

Kozhanov A.L. Modeling of water resource
allocation regimes reclamation systems of double
regulation 28

**Olgarenko V.I., Olgarenko I.V., Korzhov I.V.,
Olgarenko V.I.** Operational dispatch control
of water distribution in irrigation systems according
to the calculated increment of volumes. 36

INFORMATION

V.P. Yakushev is 75 years old. 43
In memory of V.V. Melikhov. 44

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. 5, 12. 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.

70 ЛЕТ ОСВОЕНИЯ ЦЕЛИННЫХ И ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ



Г.Г. ГУЛЮК

Дорогие друзья!

С высочайшим уровнем доверия и понимания обсуждаемых проблем в Федеральном исследовательском центре «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» организовано и проведено с международным участием расширенное заседание-конференция Ученого совета «70 лет освоения целинных и залежных земель – прошлое, настоящее, будущее» в рамках мероприятий, посвященных 300-летию РАН, 95-летию ВАСХНИЛ и 100-летию со дня основания ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева».

Немаловажным в обсуждении является участие Национальной академии наук Республики Казахстан, Казахского национального аграрно-исследовательского института почвоведения и агрохимии, национальной Академии наук Республики Беларусь.

Директор ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» академик РАН А.Л. Иванов посвятил свое выступление семидесятилетию освоения целинных и залежных земель. С приветственным словом выступили:

Гордеев А.В. – заместитель Председателя Государственной Думы, академик РАН;

Куришбаев А.К. – президент Национальной академии Республики Казахстан;

Кашин В.И. – Председатель Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам, академик РАН;

Долгушкин Н.К. – вице-президент РАН, академик РАН;

Некрасов Р.В. – директор Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Минсельхоза России;

Багиров В.А. – директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Минобрнауки России, член-корреспондент РАН;

Митин С.Г. – первый заместитель Председателя Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию;

Аникеев А.А. – депутат Государственной Думы, член Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам;

Красильников П.В. – и.о. декана факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, президент общества почвоведов им. В.В. Докучаева, член-корреспондент РАН.

Заслушаны доклады:

Кирюшин В.И. – главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», академик РАН;

Глазьев С.Ю. – член Коллегии (министр) по интеграции и макроэкономике Евразийской экономической комиссии, заведующий кафедрой теории и методологии государственного и муниципального управления МГУ им. М.В. Ломоносова, академик РАН;

Петриков А.В. – директор Всероссийского института аграрных проблем и информатики имени А.А. Никонова – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, академик РАН;

Хлыстун В.Н. – член Президиума РАН, академик РАН;

Кагерманов Ш.М. – главный редактор газеты «Сельская жизнь»;

Шашко Ю.К. – директор Института почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Республики Беларусь;

Барсегян Г.А. – член Коллегии (министр) по промышленности и агропромышленному комплексу Евразийской экономической комиссии;

Чекмарев П.А. – заместитель Президента РАН, академик РАН.

Не могу не отметить столь представительный состав, высказывающий свое отношение и понимание прошедшего, настоящего и будущего в пути развития сельского хозяйства, безусловному их решению в настоящем.

Выступающими отмечена ключевая дата в истории СССР и положительное влияние в решении главной вехи в развитии АПК современной России, Республики Казахстан.

Отмечено, что кампания 50...60-х годов прошлого века определила гигантскую земледельческую экспансию, охватившую 42 млн га в восточных районах страны, для скорейшего увеличения производства зерна в условиях послевоенного дефицита продовольствия.

Освоение целины способствовало развитию сельскохозяйственного машиностроения и электроэнергетики. Основные производственные фонды промышленности только в Казахской ССР увеличились в 3,6 раза, добыча нефти – в 3 раза, угля – в 1,5, железной руды – в 2 раза, проката – в 5.

Невиданные масштабы приобрели темпы строительства.

Эффективность безапельляционных расходов была обесценена вторжением в сухостепные и полупустынные районы. Правительство того времени проявило особенную поспешность и неподго-

товленность в научном, технологическом, хозяйственном, бытовом отношениях.

Кроме перечисленных недостатков, как утверждали выступающие, причиной многих негативных последствий явилось отсутствие научно обоснованной программы, плана освоения целины. Только наука спасла целину от экологической катастрофы.

Можно пробовать утверждать, что повлияло на проведение адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Производство зерна – основной цели целины – произошло лишь в последние десятилетия. При всех противоречиях и ошибках в результате освоения целины на востоке страны была создана современная аграрная цивилизация, а Россия и Казахстан стали крупнейшими производителями зерна в мире.

Я уважаю вскрытие недостатков уважаемым мною академиком РАН А.И. Кирюшином, но вместе с тем почти все допущенные ошибки в освоении целины повторились и в освоении Нечерноземья в 1974–1990 гг., а также в разработке Правительственной программы вовлечения в оборот заброшенных земель.

Участники заседания подчеркивают важность программ, реализация которых представляет решение проблем развития выведенных из оборота земель и залежных территорий, обеспечение продовольственной безопасности страны и не в последнюю очередь демографических проблем.

Приоритетными являются направления научных исследований и агротехнологической политики. Построенные опытные мелиоративные системы в Нечерноземье уже более 30 лет не исследуются, а именно там возможны выводы по новым технологиям и материалам для осушения. Самое удивительное, что несмотря на отсутствие эксплуатационных мероприятий, системы работают и сегодня, а главное – есть кому в Ленинградской области проводить научно-исследовательские работы. Это ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», но нет средств.

Вообще РАН с учетом высказывания Президента России В.В. Путина может повлиять на Министерство науки и образования в поиске средств для приведения и становления научно-производственных исследований.

Такая же проблема в Республике Карелия, Новгородской и ряде других областей. Пора рассмотреть вопросы проектирования и создания сети государственных проектно-изыскательских учреждений в целом, и в Сибири и на Дальнем Востоке.

Для повышения эффективности мелиорированных земель необходимо решать проблемы отсутствия кадров и оплаты труда, усиления профо-

риентации, открытия сети учебных заведений среднего специального образования.

Переход на бюджетное финансирование мелиоративных мероприятий, практика последних лет субсидирования, как и ранее, приводит к замедлению мелиорации земель. Необходимо формирование перспективных институтов системы управления земельными ресурсами, оценка качества и состояния земель.

Свое отношение к проблеме освоения целины редакционный совет высказал в журнале «Мелиорация и водное хозяйство», № 4, 2023. Редакционный совет журнала неоднократно обращал внимание РАН, ее активных членов, а проблемы повторяются вновь и вновь. Не понятна реакция академика Виктора Николаевича Хлыстуна на предложения роли землеустройства в освоении залежных земель, мелиорации.

Вряд ли кто сегодня кроме Владимира Николаевича располагает более совершенствованным методиками землеустройства, а воз и ныне там.

Последние катастрофы в водном хозяйстве принуждают задуматься об их причинах. На мой взгляд, это непринятие простейших приемов эксплуатации гидротехнических сооружений. Да и в целом страна обладает широкомасштабной конфедерацией в водном хозяйстве – более 8 различных кампаний, министерств и ведомств. А природным ресурсам удобная позиция распределения воды.

Зная и владея площадью водосбора реки Урал, притоками и наличием снежного покрова возможно, пусть даже не на 100 %, предусмотреть объем водных ресурсов и в противоположный период осуществлять сброску водохранилищ до мертвых объемов. Прогноз мог осуществлять Гидрометцентр России.

Для меня памяты времена управления Минводхозом СССР водным хозяйством и мелиорацией. Напрашивается вывод о возвращении к хозяйствованию «в одни руки», созданию, как минимум, государственной корпорации. Хотим мы или не желаем предать этим проблемам государственности. Необходимо возвращаться к генеральной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Как никогда ко времени вопрос кадровой политики и обеспечения этих направлений для решения проблем проектно-изыскательскими и научно-исследовательскими организациями. Возвращаюсь к кадрам и их пониманию гидромелиорации, водных ресурсов, агротехники: к большому стыду в этом учебном году не скомплектована ни одна группа абитуриентов на бюджетные места в ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. В 20-х годах

прошлого века при подготовке мелиораторов наряду с инженерными предметами изучались природоведческие (естественные) и сельскохозяйственные (экономические) дисциплины.

Было подчеркнуто, что подготовку всех специалистов по мелиорации необходимо вести в школах (институтах) с твердой сельскохозяйственной базой. Нельзя не привести одно из высказываний на упомянутом совещании: «По характеру своей деятельности мелиоратор подобен сельскому врачу, который лечит от всех болезней. Мелиоратор также должен быть универсальным специалистом водного хозяйства и инженерного дела в деревне».

Как ни странно, мелиораторы испытывают недостаток знаний по агрономии, растениеводству, физике почв и другим, по которым вузы не дают достаточных знаний. Это становится особо ощутимо, когда основную часть студентов составляют горожане, москвичи, не имеющие навыков работы на земле и не знающие проблем села.

Огромное значение имеет проведение международной конференции с выступлениями В.И. Кашина, ученых академии наук Республики Беларусь и Казахстана совместно с учеными РАН.

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

УДК 631.9

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-3-4-7

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В БУХАРСКОЙ ОБЛАСТИ



Т.У. КУДРАТОВ, М.А. ЯКУБОВ, З.К. МИРХАСИЛОВА, Ш.А. УСМАНОВ

Ключевые слова: запасы солей, водозабор, минерализация оросительных и дренажных вод, поступление солей, вынос солей, баланс воды и солей, площади засоленных почв, урожайность сельскохозяйственных культур.

Keywords: salt reserves, water intake, mineralization of irrigation and drainage waters, salt intake, salt removal, water and salt balance, saline soil areas, crop yields.

Аннотация. В статье рассматривается современное состояние, проблема формирования и сохранения засоленных почв на орошаемых землях среднего течения бассейна р. Амударья (пределах Бухарской области Республики Узбекистан). На основе расчета водно-солевых балансов в разрезе области и характерных районов, выполнена количественная оценка соотношения водозаборов и дренажного стока, качеством оросительных вод и солеотведения, выявлены причинно-следственные связи между соотношением размеров водозаборов и дренажного стока.

Abstract. The article examines the current state, the problem of the formation and preservation of saline soils on irrigated lands in the middle reaches of the Amudarya River basin (within the Bukhara region of the Republic of Uzbekistan). Based on the calculation of water-salt balances in the context of the region and characteristic areas, a quantitative assessment of the ratio of water intakes and drainage flow, the quality of irrigation water and salt removal was carried out, and cause-and-effect relationships between the ratio of the sizes of water intakes and drainage flow were identified.

Введение. При развитии орошаемого земледелия, проектировании ирригационных и дренажных систем одной из задач современной науки является детальное изучение качественных и количественных параметров и характеристики почвообразовательных процессов для разработки оптимальных методов регулирования их водно-солевых режимов, что особо актуально для Среднеазиатского региона.

Методы и материалы. В работе использованы методы системного анализа, расчеты водно-солевых балансов для количественной оценки приходных и расходных элементов и их соотношения, а также их роли в формировании солевого режима орошаемых земель. В качестве исходных материалов использованы многолетние данные эксплуатационных служб Минводхоза Республики Узбекистан, мелиоративной экспедиции Бухарской области. Расчеты и их интерпретация выполнена лично авторами с использованием своих полевых исследований.

Результаты и обсуждения. К настоящему времени накоплено большое количество данных о природном и антропогенном засолении почв, в т. ч. почв Среднеазиатского региона, ко-

торые описаны в трудах ученых: В.А. Ковда [5]; М.А. Панков [6], Кимберг [3]; Н.М. Решеткина, Х.Э. Якубов [8]; Е.И. Панкова, И.П. Айдаров и др. [7]. Согласно их трудам, широкое развитие засоления в Среднеазиатском регионе определяется аридным климатом, строением рельефа, гидрогеологическими условиями, а также историей развития Туранской равнины. По условиям почвенного соленакопления на равнинах Турана выделяются два типа ландшафтов: ландшафты с реликтовым засолением и ландшафты с современным соленакоплением. Первые господствуют в регионе, вторые (без учета орошаемых почв) занимают около 10% территории [6]. В.А. Ковда вскрыл механизмы и общие закономерности миграции влаги и солей в почвах и геохимических потоках; подробно изучил связь водного и солевого режимов; установил зависимость солевого режима и химизма засоления почв от уровня и минерализации грунтовых вод, режима орошения и качества поливной воды.

Бухарский оазис является одним из очагов, где орошаемое земледелие культивируется с древних времен. Он расположен в субэвальной дельте Зарафшана и отделен от Самаркандского и Каракульского оазисов горными теснинами. Орошение осуществляется водами Зарафшана и Амударьи. Грунтовые воды залегают близко — в верхней части дельты они слабоминерализованы, в понижениях и в южной части оазиса минерализация возрастает до 20...50 г/л. Состав солей хлоридный и хлоридно-сульфатный, а в низинах — хлоридный.

В начале усиления водохозяйственных работ (1965—1975 гг.) в лугово-оазисных почвах содержание легкорастворимых солей по плотному остатку колебалось от 0,1 до 0,21% в слое 0...30 см; по содержанию суммы токсичных солей от 0,05 до 0,1%. В болотно-луговых почвах засоление по плотному остатку составляет в слое 0...100 см от 0,33 до 0,78% [7].

В Каракульском оазисе в слое 0...100 см содержание солей по сумме солей составляют от 0,2 до 0,75%, а в лугово-оазисных почвах от 0,64 до 1,59% [9]. По данным Н.М. Решеткиной, Х.И. Якубова [8], в оазисе 80% земель занимали гидроморфные почвы, значительная часть солей сосредоточена в слое 0,2...0,5 м.

Указанные условия, несомненно, играют важную роль при развитии орошаемого земледелия региона и формировании водных и солевых балансов (с учетом качества воды и т. д.).

В современных условиях в Бухарской области орошается около 276 тыс. га. Основным источником воды для орошения здесь является

р. Амударья. Ежегодный водозабор из всех источников в Бухарскую область колеблется от 4045 до 4804 млн м³ в год. В маловодные годы размер водозабора может уменьшаться до ≈3500 млн м³ в год.

Минерализация оросительных вод изменяется в широких пределах: минерализация воды, забираемой в оросительные системы области, в среднем изменяется от 1,293 до 1,42 г/л по плотному остатку и от 0,15 до 0,155 г/л по иону хлора (за 2020—2021 гг.). В отдельных районах минерализация оросительных вод повышенная: в Шафирканском районе она равна 1,79...1,93 г/л по плотному остатку и 0,175...0,194 г/л по иону хлора. В Гиждуванском районе она изменяется от 1,75 до 1,83 г/л по плотному остатку и от 0,172 до 0,173 г/л по иону хлора.

Гидрогеохимическая ситуация на территории складывается в соответствии с притоком и оттоком солей и соотношением приходных и расходных элементов водно-солевого баланса. Как известно, в мелиоративной науке для количественной оценки изменения водно-солевого баланса на крупных оросительных системах используются методы А.Н. Костякова [2], С.Ф. Аверьянова [1], Н.М. Решеткиной и Х.Э. Якубова [8], Кирейчевой [4] и др. Приближенные водно-солевые балансы в общем виде основываются на уравнениях:

$$\Delta W_{об} = \Sigma W_{в} - \Sigma D_{р}, \text{ м}^3/\text{га};$$

$$\Delta C_{об} = \Sigma S_{в} - \Sigma S_{др}, \text{ т}/\text{га},$$

где $\Delta W_{об}$ — общий водный баланс; $\Sigma W_{в}$ — суммарный водозабор из всех источников воды; $\Sigma D_{р}$ — суммарный дренажный сток, отводимый за пределы орошаемой территории; $\Delta C_{об}$ — накопление (+) или вынос (–) солей на балансовом контуре; $\Sigma S_{в}$ — суммарное поступление солей с водозабором; $\Sigma S_{др}$ — суммарный отвод солей с дренажным стоком.

При указанных выше размерах водозаборов на орошаемые земли поступает от 5336 до 6210 тыс. т солей в год. Величина солеотведения за пределы орошаемых земель с помощью дренажных систем изменяется в пределах 6334...7023 тыс. т. Разность между притоком и оттоком солей по области складывается небольшим выносом их в пределах 2,96...3,96 т/га в год.

Если рассмотреть характер изменения водно-солевого баланса в разрезе районов, то можно увидеть, что в тех районах, где минерализация оросительных вод высокая (1,75...1,93 г/л), разность между поступлением и выносом складывается по типу накопления солей: в Шафирканском районе происходит накопление в разме-

ре 0,48...0,91 т/га, в Гиждуванском районе от 12,9 до 17,6 т/га (табл. 1).

Согласно режимных наблюдений мелиоративной экспедиции по области средняя глубина грунтовых вод в период вегетации равна 2,48...2,5 м, и только в отдельных районах района поднимается до 1,89...1,93 м. По минерализации грунтовых вод самая распространенные площади с минерализацией 1...3 г/л составляют 142,7 тыс. га; с минерализацией 3...5 г/л – 115,8 тыс. га.

Указанный характер водного и солевого баланса отражается на процессах засоления почвенного слоя: орошаемые земли Бухарской области на 85 % площади подвержены засолению ($\approx 234,5$ тыс. га). Большая часть земель относится к слабозасоленному типу, которые составляют 170 тыс. га (62 %), средnezасоленные – 58 тыс. га (21 %), также сохраняется сильнозасоленная категория на площади 6,3 тыс. га (или 2,3 %). В разрезе районов также большая часть земель подвержена засолению: в Шафирканском районе они занимают 88 % (24,8 тыс. га), в Гиждуванском – 83,9 % (22,6 %), из них порядка 58...59,6 % земель слабозасоленные, 15...17 % – средnezасоленные и 1,3...3,5 % – сильнозасоленные категории почв (табл. 2).

Указанные особенности изменения водохозяйственных показателей и водно-солевых ба-

лансов отражаются и на продуктивности орошаемых земель и урожайности хлопчатника. Средняя урожайность хлопчатника по Бухарской области составляет 30,3...32,7 ц/га. Прослеживается отставание урожайности хлопчатника на засоленных землях от средней урожайности хлопчатника по области – здесь она понижается на 3...5 ц/га и составляет 27...29 ц/га.

Выводы. Результаты наших исследований показывают, что несмотря на нахождение средней глубины грунтовых вод в летний период в пределах 2,48...2,5 м, на большей части (≈ 52 %) орошаемых земель, площади подверженные засолению по области сохраняются на 85,3 % земель. Выполненное обобщение наших материалов и данные других авторов, показывают сложность и актуальность проблемы засоления почв и необходимости регулирования мелиоративных режимов орошаемых земель с помощью внедрения современных систем водосберегающих технологий и обеспечения промывного режима на фоне дренажа с учетом степени и типа засоления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов С.А. Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1978. 288 с.
2. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1967. 624 с.

Таблица 1

Изменение водно-солевых балансов на орошаемых территориях Бухарской области

Область и район	Год	Орошаемая площадь, тыс. га	Приход			Расход			Баланс солей	
			Водо-забор, млн м ³	Минерализация воды, г/л	Поступление солей, тыс. т	Сток дренажных вод, млн м ³	Минерализация КДВ, г/л	Вывос солей, тыс. т	Уменьшение (-), увеличение (+), тыс. т	Удельные величины, т/га
По области	2019	274,6	4803	1,293	6209,6	2019,8	3,48	7022,9	-813,2	-2,96
	2020	274,6	4232	1,410	5969,7	2121,1	3,47	7371,3	-1401,6	-5,1
Шафирканский	2019	28,3	525,8	1,79	944,9	206,7	3,01	623,1	+321,8	+0,91
	2020	28,4	444,6	1,94	860,8	231,9	2,98	690,2	+170,6	+0,48
Гиждуванский	2019	27,0	482,4	1,73	832,1	116,5	3,48	346,1	+846,1	+17,6
	2020	27,0	417,1	1,81	756,2	131,8	3,47	355,4	+400,8	+12,9

Таблица 2

Динамика степени засоления почв в Бухарской области за 2020 г.

Область и район	Площадь под контролем, тыс. га	Степень засоления почв в слое 0...100 см				Засоление выше среднего	Общие площади засоленных земель
		Незасоленная	Слабозасоленная	Средняя	Сильная		
По области	274,6	40,3	170,5	57,7	6,1	63,8	234,3
		14,7	62,1	21,0	2,2	23,2	85,3
Шафирканский	28,4	3,5	16,9	7,3	0,7	8	24,9
		12,3	59,4	25,8	2,4	28,2	88
Гиждуванский	27,0	4,4	15,6	6,0	0,93	6,93	22,6
		16,2	58,1	22,2	3,4	25,6	83,9

Примечание. Числитель – площадь, тыс. га, знаменатель – то же в % от орошаемой площади.

3. Кимберг Н.В. Почвы пустынной зоны Узбекской ССР. Ташкент: ФАН, 1974. 120 с.
4. Кирейчева Л.В. Дренажные системы на орошаемых землях: прошлое, настоящее, будущее. М., 1999. 202 с.
5. Ковда В.А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых почв. М.: Колос, 1984. 300 с.
6. Панков М.А. Мелиоративное почвоведение. Ташкент: Укитувчи, 1974. 413 с.
7. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря (география, генезис, эволюция) / Е.И. Панкова, И.П. Айдаров, И.А. Ямнов, А.Ф. Новикова, Н.С. Благовалин. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАС-ХН, 1996. 186 с.
8. Решеткина Н.М., Якубов Х.И. Вертикальный дренаж. Изд. 25-е. М.: Колос, 1978. 320 с.
9. Почвы Узбекистана (Бухарская и Навоийская области) / И.Н. Фелициант, Г.М. Конобеева, Б.В. Горбунов, М.А. Абдуллаев. Ташкент: ФАН, 1984. 152 с.
10. Якубов Х.Э. Икромов Р.К. Принципы расчета и корректировка режима работы вертикального дренажа в целях ускорения эффективности мелиорации // Сб. научных трудов САННИРИ. 1985. Вып. 173. С. 19–34.

REFERENCES

1. Averyanov S.A. Combating salinization of irrigated lands. M.: Kolos, 1978. 288 p.
2. Kostyakov A.N. Fundamentals of land reclamation. M.: Selkhozgiz, 1967. 624 p.
3. Kimberg N.V. Soils of the desert zone of the Uzbek SSR. Tashkent: FAN, 1974. 120 p.

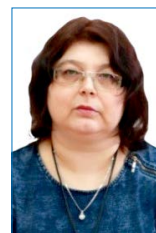
4. Kireycheva L.V. Drainage systems on irrigated lands: past, present, future. M., 1999. 202 p.
5. Kovda V.A. Problems of combating desertification and salinization of irrigated soils. M.: Kolos, 1984. 300 p.
6. Pankov M.A. Reclamation soil science. Tashkent: Ukituvchi, 1974. 413 p.
7. Natural and anthropogenic salinization of soils in the Aral Sea basin (geography, genesis, evolution) / E.I. Pankova, I.P. Aidarov, I.A. Yamnov, A.F. Novikova, N.S. Blagovalin. M.: Soil Institute named after V.V. Dokuchaeva RAAS, 1996. 186 p.
8. Reshetkina N.M., Yakubov Kh.I. Vertical drainage. Ed. 25th. M.: Kolos, 178. 320 p.
9. Soils of Uzbekistan (Bukhara and Navoi regions) / I.N. Feliciant, G.M. Konobeeva, B.V. Gorbunov, M.A. Abdullaev. Tashkent: FAN, 1984. 152 p.
10. Yakubov H.E. Ikromov R.K. Principles of calculation and adjustment of the operating mode of vertical drainage in order to accelerate the efficiency of reclamation // Collected scientific works of SUNNIRI. 1985. Vol. 173. Pp. 19–34.

Кудратов Толибжон Узбекович, канд. техн. наук, доцент, зам. председателя АО «Узсувқурилиш», соискатель, kudratov.1955@yandex.ru; **Якубов Мурат Адилевич**, доктор техн. наук, профессор, зав. лабораторией «Коллекторно-дренажных систем», muratyakubov@gmail.com; **Усманов Шавкат Аббасович**, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, зав. Лабораторией, shu.usmanov@mail.ru (Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, г. Ташкент, Респ. Узбекистан); **Мирхасилова Зулфия Кочкаровна**, доктор техн. наук, доцент, mzulfiya.k@mail.ru (НИУ «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», г. Ташкент, Респ. Узбекистан).

УДК 631.52 (042.4)

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-3-7-15

ОРГАНИЗАЦИЯ СЕМЕНОВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОРОШЕНИИ И ТЕХНИКА ПОЛИВА



**А.Р. ВАЛИЕВ, М.М. ХИСМАТУЛЛИН, И.М. СЕРЖАНОВ, Ф.Н. САФИОЛЛИН, С.В. СОЧНЕВА,
Р.К. ВАФИН**

Ключевые слова: семеноводство, выбор сорта, сроки и нормы высева семян, уход за посевами, нормы и сроки полива, урожайность, коэффициент размножения, выход товарных семян.

Keywords: seed production, choice of variety, timing and norms of seed sowing, crop care, norms and timing of irrigation, yield, multiplication rate, yield of marketable seeds.

Аннотация. В статье изложены краткие итоги научно-исследовательских работ, проведенных в 2012–2022 гг. на орошаемых полях КФХ ИП «Вафин Р.К.» Лаишевско-

го и ООО АФ «Кырлай» Арского муниципальных районов Республики Татарстан по выбору короткостебельных, устойчивых к полеганию, болезням и вредителям, высокоотзывчивых к дополнительному увлажнению таких сортов яровой пшеницы как Злата, Казанская юбилейная, Омская 33 и сортовой технологии их возделывания. Установлено, что при размещении яровой пшеницы по пласту орошаемых многолетних трав и после ярового рапса, оптимизации фонов питания, применения современных биопрепаратов и протравителей семян, качественной основной и предпосевной подготовки почвы, соблю-

дения способов и сроков посева, интенсификации приемов ухода за посевами, включая цифровые технологии определения сроков и качества полива, обеспечивает получение более 6 т/га зерна с выходом товарных семян на уровне 65...76%, с массой 1000 семян 40 г и более, соответствующих второму классу качества по содержанию клейковины, белка, стекловидности и натуры зерна.

Annotation. This paper presents a brief summary of research work carried out in 2012–2022. on the irrigated fields of the peasant farm of IP «Vafin R.K.» Laishevsky and LLC AF «Kyrlyay» Arsky municipal districts of the Republic of Tatarstan on the selection of short-stemmed, resistant to lodging, diseases and pests, highly responsive to additional moisture of such spring wheat varieties as Zlata, Kazanskaya Yubileynaya, Omskaya 33 and varietal technology for their cultivation. It was found that when placing spring wheat on a layer of irrigated perennial grasses and after spring rapeseed, optimizing nutrition backgrounds, using modern biologics and seed protectants, high-quality basic and pre-sowing soil preparation, compliance with sowing methods and timing, intensification of crop care techniques, including digital technologies for determining the timing and quality of irrigation, provides more than 6.0 tons/ha of grain with a yield of commercial seeds at the level of 65–76%, with a mass of 1000 seeds of 40 or more g corresponding to the second class of quality in terms of gluten, protein, vitreous and grain nature.

Введение. Сельскохозяйственное производство в Среднем Поволжье, в том числе и в Республике Татарстан, ведется в сложных природно-климатических условиях, где лимитирующим фактором является влага. В засушливые годы в семеноводческих посевах не реализуется потенциал высокопродуктивных сортов, существенно снижается коэффициент их размножения. В итоге, растущие потребности сельскохозяйственных формирований не обеспечиваются высококачественными семенами.

Кроме того, снижение массы 1000 семян, содержания в них клейковины и белка становятся причиной получения низкокачественной продукции в последующие годы [1, 2]. В связи с этим разработана и внедрена инновационных приемов семеноводства на орошении, обеспечивающие повышение экономической эффективности производства зерна были и остаются актуальной пробле-

мой современного агропромышленного комплекса, как Российской Федерации, так и ее регионов.

Цель исследований – разработать и внедрить систему семеноводства яровых зерновых культур (на примере яровой пшеницы) в условиях орошения, обеспечивающую получение не менее 3,5 т/га высококачественных крупных семян с массой не менее 40 г.

Место, условия и методика проведения исследований. Стационарные полевые опыты проводились на орошаемых полях землепользования ООО АФ «Кырлай» Арского и КФХ ИП «Вафин Р.К.» Лаишевского муниципальных районов Республики Татарстан. Почвы опытных полей представлены типичными серыми лесными почвами: содержание гумуса по Тюрину составило от 3,2 до 3,6%, подвижного фосфора – от 148 до 150 и обменного калия – от 162 до 165 мг/кг почвы по Кирсанову. Реакция почвенной среды была близка к нейтральной (рН 5,8...6). Схемы опытов представлены в разделе «Результаты и обсуждение». Повторность опытов была трехкратной. Минеральные удобрения вносили на планируемую общую урожайность зерна 6 т/га с расчетом выхода товарных семян более 3 т/га. Полевые опыты проводились по методике Б.А. Доспехова (1985) [3].

Результаты и их обсуждение

Выбор сорта. Система семеноводства на орошаемых участках начинается с выбора сорта, к которым предъявляются требования [4, 5]:

- высокая отзывчивость на дополнительное увлажнение почвы;
- устойчивость к болезням и вредителям;
- короткостебельность и устойчивость к полеганию;
- высокая мощность роста всходов;
- высокое качество зерна.

Сравнительная оценка сортов яровой пшеницы, включенных в Государственный реестр по 7-му региону Российской Федерации, показала, что больше всего на орошении этим требованиям соответствуют сорта, приведенные в табл. 1 (2012–2016 гг.).

Таблица 1

Рекомендуемые сорта яровой пшеницы для возделывания на орошаемых землях Татарстана

Сорт	Патентообладатель	Краткая характеристика
Злата	ФГБНУ «НИИСХ ЦРНЗ», Владимирский НИИСХ	Обладает высокой устойчивостью к полеганию и урожайностью. Среднеранний. Масса 1000 семян до 46 г
Казанская юбилейная	ФГБНУ «ТатНИИСХ», «СибНИИСХ»	Среднеспелый. Средняя устойчивость к полеганию. Обладает высоким потенциалом урожайности. Масса 1000 семян 38...40 г
Омская 33	ФГБНУ «СибНИИСХ»	Среднеспелый. Устойчив к полеганию и болезням. Потенциальная урожайность более 60 ц/га. Один из лучших сортов на орошении по качеству зерна

Место яровой пшеницы в орошаемых севооборотях. Лучшим предшественником для яровой пшеницы в богарном земледелии была и остается озимая рожь, а на орошении — пласт многолетних трав.

Вторую позицию в качестве предшественника в современном земледелии занимает яровой рапс, который разрыхляет почву, корневыми выделениями подавляет гнилостную почвенную инфекцию, усваивает труднодоступные формы фосфора из глубоких ее слоев, оставляет после себя до 5 т/га сухой массы пожнивно-корневых остатков с содержанием многих элементов питания, особенно серы [6, 7].

В наших исследованиях при размещении яровой пшеницы после рапса урожайность зерна гарантированно увеличивалась на 0,2...0,3 т/га, а содержание клейковины — на 3...4%.

Яровую пшеницу на орошении можно также с успехом возделывать после пропашных культур с мощной мочковатой или же со стержневой корневой системой, поскольку влага в этом случае не является ограничивающим фактором, а поле, как правило, после них остается чистым от сорной растительности [8, 9].

Категорически запрещается размещать яровую пшеницу после озимой ее формы (озимая пшеница), так как у них одинаковые вредители и болезни [10, 11].

Система удобрения орошаемой яровой пшеницы. На формирование 100 кг зерна с учетом побочной продукции (солома) яровая пшеница выносит из почвы 3,2...3,6 кг азота, 1,1...1,4 — фосфора и 2,2...2,6 кг калия [12]. Без применения минеральных удобрений невозможно получить запланированное количество зерна на уровне 6 т/га. Тем более, без удобрений в будущем не может быть речи о формировании зерна, пригодного для выпечки хлеба или же производства макаронных изделий.

Например, в 80-е годы двадцатого столетия продовольственное зерно в республику импортировали из Канады и США, хотя имелись сильные, ценные сорта и сорта филлеры (дополнительно муки) этой культуры.

В тех же погодно-климатических условиях, возделывая такие же аналогичные сорта сегодня, мы не только обеспечиваем потребности внутреннего рынка, но и практикуем экспорт продовольственного зерна.

Секрет этого уникального явления заключается в разработке высокоэффективной системы семеноводства яровой пшеницы с учетом ее потребностей в элементах питания по фазам развития.

Так, в начальный период роста она чрезвычайно чувствительна к недостатку почвенных элементов питания, что вполне устраняется внесением 50% расчетных доз NPK под основную обработку почвы.

Интенсивность формирования первичной корневой системы, перехода растений на автотрофное питание, мощность роста всходов яровой пшеницы зависит от ее обеспеченности подвижным фосфором. По этой причине посев культуры на орошении обязательно сопровождается локальным внесением двойного гранулированного суперфосфата или же сложных удобрений с высоким содержанием P_2O_5 .

Начиная от кушения до молочной спелости семян, возрастает расход азота. Поэтому, гидроподкормка минеральным азотом и микроэлементами способствует образованию придаточных корней, удлиняет фазу кушения, тем самым увеличивает параметры колоса и зерна. Самое главное, азот — это белок, а белок — это не только клейковина, но и основа жизни на земле.

Вместе с тем в погоне за клейковиной нельзя увлекаться применением высоких доз азота. Это становится причиной лишнего накопления биомассы, полегания, поражения грибковыми болезнями, особенно мучнистой росой на поливных землях.

От трубкования до налива зерна повышается потребность растений в обменном калии. В этой связи, основное и предпосевное внесение калия следует рассматривать в качестве обязательного агротехнического приема в технологии производства семян яровой пшеницы на орошении.

Следовательно, система удобрения яровой пшеницы весьма сложна и многозатратна. Однако цена реализации высококачественных семян достаточно весомая, чтобы окупить затраты на приобретение и внесение макро- и микроудобрений в полной мере.

Основная и предпосевная подготовка почвы.

При размещении яровой пшеницы по пласту многолетних трав следует соблюдать следующие условия:

1. После уборки многолетних трав осенью нельзя применять гербициды сплошного действия.

2. Нельзя пускать на этот участок культиваторы со стрельчатыми лапами. В противном случае, на дневную поверхность выворачивается дернина многолетних трав, теряются питательные вещества, осложняется посев яровой пшеницы (табл. 2).

Подготовка семян к посеву. Подготовка семян к посеву начинается с калибровки и отбора партии с массой 1000 семян более 40 г.

Таблица 2

Система обработки почвы под семенные посевы яровой пшеницы (предшественник – пласт многолетних трав)

Перечень технологических операций	Сроки проведения	Марка СХМ	Агротехнические требования
Уборка многолетних трав	10–15.09	–	Высота среза 4...6 см
Дискование	16–17.09	Дискатор	Глубина обработки 10...12 см
Внесение минеральных удобрений	20–25.09	AMAZONE	Расчетные дозы фосфора и калия
Вспашка с оборотом пласта	20–25.09	ПЛН-5-35; оборотные плуги	На полную глубину пахотного слоя
Провокационный полив	26–28.09	Казанка	60...90 м ³ /га
Осеннее поверхностное уничтожение сорняков	05–08.10	Дискатор БМШ-15; ПБЛ-10	Глубина обработки 8...10 см
Влагозарядковый полив	08–10.10	Казанка	600...800 м ³ /га
Закрытие влаги в два следа	01–05.05	БЗТУ-11 + СП-11	При посереении гребней, поперек вспашки
Внесение азотных удобрений	06–08.05	AMAZONE	Расчетные дозы аммиачной селитры
Поверхностная предпосевная подготовка почвы	06–08.05	ПБЛ-10; БМШ-15	Поперек вспашки, глубина обработки 4...6 см
Прикатывание до посева	08–09.05	КЗК-9	Поперек предпосевной подготовки почвы
Посев	09–10.05	СЗ-3,6; СЗ-5,4; СЗП-3,6; СПУ-6	Глубина заделки семян 4...6 см
Прикатывание после посева	10–11.05	КЗК-9	Поперек посева

Затем, при положительных температурах воздуха приступают к инкрустации посевного материала, не позднее 14...15 дней до посева.

Существует два способа обработки семян фунгицидами:

- протравливание;
- инкрустация с добавлением клеящего вещества и биопрепаратов.

При уборке урожая современными зерноуборочными комбайнами на семях образуются микротрещины, через которые в семя проникают инфекции многочисленных болезней яровой пшеницы. Поэтому инкрустация более предпочтительна, так как она обеспечивает создание защитного слоя вокруг семени.

Против возбудителей болезней следует использовать протравители семян:

- однокомпонентные: Фундазол, СП; Беномил 500, СП; Суми-8, СП; Суми-8, ФЛО; Колфуго Супер, КС; Колфуго Супер Колор; Комфорт, Дерозал Евро, Феразим, Кардон КС; Тебу 60, МЭ; Бункер, ВСК; Раксил Ультра, КС; Раксил, Агросил, Грандсил, Редут, АлтСил, Стингер, Террасил, Ракзан, Доспех, Сфинкс, Дозор, Тебутин, Барьер колор, Рубин, КС; Тебузан, ТКС, ТМТД, ТПС; ТМТД, ВСК; Премис 200, Корриолис КС; Премис, КС; Максим, КС; Винцит Экстра, КС;

- двухкомпонентные: Дивиденд Стар, Алькасар, Даймонд Супер, Атик КС; Витарос, ВСК; Витасил, КС; Витавакс, 200, СП; Витавакс, 200 ФФ, ВСК; Винцит, Ансамбль, Виннер, Витацин,

Винцент, Пионер, СК; Виал, ТТ, Виал ТрасТ, ВСК; Тигр, ТПС; Виталон, КС; Булат, КС; Скарлет, Линкольн, МЭ; Максим Экстрим, КС;

- трехкомпонентные: Винцит Форте, КС; Грандсил Ультра, КС.

Также обязательным условием в предпосевной подготовке семян, предназначенных для посева на орошаемых участках, является включение в состав рабочего раствора таких ретардантов против полегания, как Моддус, КЭ (0,4 л/т семян), Це Це Це 750, ВК (1 л/т), многократно испытанный ТУР (2 л/т) или же Гумат натрия (0,75 л/т семян).

Инкрустация проводится при помощи машин из семейства ПС-10, соблюдая условия:

- инструктаж рабочих;
- обеспечение рабочих респираторами и спецодеждой;
- ограничение рабочего времени;
- строгое соблюдение рекомендуемых доз расхода фунгицидов, температуры и жесткости воды;

• тщательная очистка барабана-смесителя после инкрустации каждой партии во избежание видового и сортового засорения посевного материала.

Посев. На орошаемых участках вегетационный период увеличивается на 8...10 дней. Поэтому семеноводческие посевы яровой пшеницы необходимо заложить в первой декаде мая при температуре почвы на глубине заделки семян +6...8 °С (табл. 3).

Таблица 3

Влияние сроков посева на урожайность орошаемых семенных посевов яровой пшеницы Омская 33 (2018–2022 гг., КФХ ИП «Вафин Р.К.»)

Срок посева	Температура почвы, °С	Общая урожайность зерна, т/га	Выход товарных семян		± к позднему сроку посева	
			%	т/га	%	т/га
Ранний	+3...4	4,92	62	3,05	113	0,35
Среднеранний	+4...6	6,08	78	4,74	176	2,04
Средний	+6...8	5,81	75	4,36	161,5	1,66
Поздний	+8...10	4,65	58	2,70	100	—
НСР ₀₅	—	0,28	—	—	—	—

Среди всех изучаемых агротехнических приемов сроки посева играют решающую роль в формировании, как общей урожайности зерна, так и выхода товарных семян как в т/га, так и в процентном соотношении. Например, между среднеранним сроком посева яровой пшеницы (в начале первой декады мая) и самым поздним сроком сева (в конце второй декады мая при температуре почвы на глубине заделки семян +8...10 °С) разница в общей урожайности зерна составила: $6,08 - 4,65 = 1,43$ т/га. Более того, выход высококачественных крупных семян с массой более 40 г увеличился: $78 - 58 = 20\%$. В конечном итоге среднеранний посев яровой пшеницы обеспечил прибавку товарных семян на 76 % выше по сравнению с поздним посевом этой культуры.

В заключение следует также отметить минусы раннего срока посева при температуре почвы +3...4 °С. В данном случае прибавки общей урожайности и товарных семян хотя и выше наименьшей существенной разницы, но незначительны: $0,35 - 0,28 = 0,07$ т/га.

Вторым сложным вопросом в семеноводстве всех зерновых и зернобобовых культур, в том числе и яровой пшеницы, является норма высева и способы посева, так как сочетание высокого коэффициента размножения семян с получением крупных зерен с массой более 40 г весьма затруднительно.

Результаты наших исследований, проведенных в 2016–2019 гг. на орошаемых землях ООО «Кырлай» Арского муниципального района

Республики Татарстан, показали высокую эффективность перекрестного посева яровой пшеницы с шириной междурядий 30 см с уменьшенной нормой высева в 2 раза – 3 млн шт./га всхожих семян (табл. 4).

По мере увеличения ширины междурядий и снижения норм высева общая урожайность снижается до 4...4,62 т/га зерна. Однако максимальный сбор товарной продукции с массой 1000 семян 40 г получен в варианте перекрестного посева с шириной междурядий 30 см – 3,51 т/га с коэффициентом размножения 26 против 10,5 в контрольном варианте опыта.

Следовательно, в целях получения максимального валового сбора семян яровой пшеницы ее следует засеивать черезрядно – перекрестным способом с нормой высева 3 млн шт./га.

Столь высокие показатели черезрядного перекрестного посева яровой пшеницы на семена объясняется следующими причинами:

- в перекрестных черезрядных посевах норма высева яровой пшеницы уменьшается в 2 раза;
- уменьшается высота растений;

Таблица 4

Влияние норм высева и способов посева на урожайность и валовые сборы товарных семян орошаемой яровой пшеницы Злата

Фактор А (нормы высева)	Фактор В (способы посева)	Урожайность, т/га	Выход товарной продукции, с массой 1000 семян 45 г		Коэффициент размножения
			%	т/га	
6 млн шт./га всхожих семян	Рядовой посев (15 см) – контроль	5,08	56	2,84	10,5
	Перекрестный посев (15 см)	5,46	59	3,22	11,9
	Узкорядный посев (7,5 см)	5,69	48	2,73	10,1
	Перекрестный посев (7,5 см)	5,94	52	3,09	11,4
3 млн шт./га всхожих зерен	Черезрядный посев (30 см)	4,40	68	2,99	22,1
	Перекрестный посев (30 см)	4,62	76	3,51	26,0
	Посев с шириной междурядий 45 см	4,00	76	3,04	22,5
	Перекрестный посев (45 см)	4,15	78	3,24	24,0
НСР ₀₅	А	0,28	—	—	—
	В	0,31	—	—	—
	АВ	0,36	—	—	—

- увеличивается листовая площадь, и усиливаются процессы фотосинтеза;
- формируются более мощные колоски и крупные семена в колосках;
- уменьшаются потери при уборке урожая из-за резкого снижения полегаемости изучаемой культуры;
- и, наконец, крупные полноценные зернышки отличаются высоким содержанием клейковины, белка, высокой натурой и стекловидностью зерна.

Следовательно, в условиях орошения наиболее эффективным способом посева является чересрядное перекрестное размещение семян яровой пшеницы в пространстве.

Уход за посевами. Уход за семенными посевами орошаемой яровой пшеницы проводится в строгой последовательности.

Эффективная защита посевов яровой пшеницы от сорняков, вредителей и болезней является первостепенной задачей формирования урожая этой культуры, поскольку на орошении создаются идеальные условия для их распространения и бурного развития (табл. 5).

Другими словами, от грамотно построенной системы мер борьбы против вредителей, болезней и сорных растений зависит судьба валового сбора семян яровой пшеницы.

Режим орошения. Режим орошения яровой пшеницы состоит из осеннего провокационного (60...90 м³/га), влагозарядкового (600...800 м³/га), удобрительного (250...300 м³/га), освежительно-

го (60...90 м³/га) и вегетационного (300...350 м³/га) видов полива. Поскольку само название поливов предопределяет сроки их проведения более подробно рассмотрим цифровую технологию определения сроков вегетационных поливов семенных посевов изучаемой культуры.

Между температурой и влажностью почвы существует прямая зависимость: чем меньше содержание влаги, тем выше температура почвы. На основе данной закономерности нами была рассчитана и перенесена в мобильное приложение Irrigation technology диаграмма шкалы определения сроков полива в интервале от +25 до +45 °С.

Тепловизионная съемка с квадрокоптера показала, что четвертого июня 2018 г. средняя температура почвы была на уровне +25°С и согласно шкале определения сроков полива, яровая пшеница не нуждалась в дополнительной влаге. Последующее тепловое дистанционное зондирование орошаемого участка проводилось через 8 дней и установлено, что 30 % площадей недостаточно обеспечены влагой, а через 15 дней после первого обследования 8 % посевов достигли критической отметки дефицита влаги.

Анализ диаграммы, составленный на основе тепловизионного измерения, показывает, что 12 июня 2018 г. влажность 35 % площади орошаемого участка снизилась до предельно минимальной влажности.

После проведения полива 19 июня 2018 г., наоборот 15 % пашни была излишне увлажнена,

Таблица 5

Последовательность технологических операций по уходу за посевами орошаемой яровой пшеницы (2019–2022 гг.)

Технологические приемы	Сроки проведения	Марка СХМ	Агротехнические требования
Довсходовое боронование	Через 4...5 сут после посева в фазе «белых ниточек» сорных растений	БСО-4	Поперек посева при скорости движения агрегата 4...5 км/ч (скорость движения пешехода)
Боронование по всходам	В дневное время суток в фазе 3...4 листьев	БСО-4	Поперек посева при скорости движения агрегата 4...5 км/ч (скорость движения пешехода)
Опрыскивание посевов против сорняков и первой волны вредителей с добавлением Планриза (1 л/га), Альбита (0,04 л/га) или гуматных удобрений (4 л/га)	В фазе кушения	Туман ОПШ-15, Буран и др.	В утренние или вечерние часы
Корневая подкормка азотными удобрениями	В конце фазы кушения	СЗ-3,6	Поперек посева с внесением аммиачной селитры 100 кг/га в физической массе
Опрыскивание посевов против болезней и второй волны вредителей	В начале фазы трубкования	Туман ОПШ-15, Буран и др.	В утренние или вечерние часы
Внесение макро- и микроудобрений совместно с поливной водой	Фаза трубкования	УВМ, Гидроподкормщик	В зависимости от обеспеченности почв микроэлементами и азотом по листовой диагностике

а 5 % нуждалась в дополнительной влаге и только 80 % посевов имели оптимальную влажность (70 % от наименьшей влагоемкости).

Неравномерное увлажнение почвы после полива объясняется наличием мелких углублений и возвышенностей на посевах изучаемой культуры и разной инфильтрующей способностью почвенного покрова.

В тех же природно-климатических условиях измерение влажности почвы при помощи влагомера «Днестр-1» показало необходимость орошения объекта исследований на 20 дней раньше (в конце мая) по сравнению с результатами тепловизионной съемки.

Такое противоречие видимо объясняется тем, что среднесуточная температура воздуха максимальных величин в нашей республике достигает именно во второй половине июня и совпадает с критическим периодом потребления влаги яровой пшеницы (период наибольшего расхода влаги из-за интенсивного накопления биомассы).

Кроме того, при традиционном определении сроков полива потребовалось провести пять поливов против трех по температуре почвы и оросительная норма (расход воды на орошение за вегетационный период) снизилась на 600 м³/га.

В результате, как ранние сроки, так и многократные поливы стали причиной уменьшения активного слоя почвы (слой почвы, в котором находится основная масса корневой системы), поскольку растения перестают искать дополнительную влагу и питательные вещества из глубоких слоев почвы.

По этой причине, урожайность зерна яровой пшеницы Омская 33 оказалась на 0,34 т/га выше при назначении сроков полива изучаемой культуры по тепловизионным снимкам (табл. 6).

Такие же результаты были получены и по валовому сбору товарной продукции с массой 1000 семян 40 г в 2019 и 2021 г. Преимущество тепловизионной съемки в среднем за 4 года составило 0,34 т/га.

Уборка и послеуборочная обработка. Уборка яровой пшеницы на орошении зачастую совпадает с осенними осадками. В связи с этим, на засоренных посевах рекомендуется проводить десикацию (высушивание растений на корню)

препаратами Реглон Супер (1,5...2 л/га), Баста (1,5...2 л/га) или же Хлорат магния (15...20 л/га). Однако этот агротехнический прием в условиях дороговизны химических препаратов приводит к увеличению себестоимости семян.

При скашивании в валки и проведении десикации необходимо учитывать обеспеченность хозяйства уборочными комбайнами и производительность сушильно-сортировального комплекса (нельзя скашивать в валки и проводить десикацию в «запас»).

В получении высококачественных семян яровой пшеницы большую роль играет своевременная послеуборочная его подработка.

Сортировка поступающего от комбайнов вороха проводится в два этапа:

- в день обмолота – первичная очистка зерна от сорной примеси на зерносушильных комплексах с одновременной сушкой до влажности 14 %;
- окончательная сортировка – при закладке на семена с использованием триерных сортировальных машин.

Техника полива. В формировании высокопродуктивных семеноводческих агроценозов большое значение имеет техника полива, обеспечивающая увлажнение не только корнеобитаемого активного слоя почвы, но и приземного слоя воздуха. Кроме того, она должна быть направлена на экономию пресной воды и обладать высокими экономическими показателями.

Для выполнения этой важнейшей задачи при активном участии ФГБУ «Управление «Татмелиоводхоз» была разработана проектно-сметная документация по строительству Казанского завода оросительной техники (КЗОТ) и организовано серийное производство широкозахватной дождевальной машины «Казанка» кругового действия, не уступающая зарубежным аналогам (табл. 7).

Кроме того, исследования технических, агротехнических, эксплуатационных и экономических

Таблица 6

Валовой сбор зерна и товарных семян яровой пшеницы Омская 33 в зависимости от способов определения сроков полива (2018–2021 гг., ООО АФ «Кырлай»)

Показатели	Сроки полива	
	по фактической влажности почвы	по температуре почвы
Планируемая урожайность зерна, т/га	6,00	6,00
Фактическая урожайность зерна, т/га	5,28	5,62
В процентах от планируемой урожайности, %	88,0	93,7
Валовой сбор товарной продукции с массой 1000 семян 45 г, т/га	3,67	4,01
НСР ₀₅	0,31	–

Таблица 7

Технические характеристики дождевальной машины «Казанка»

Показатель	Казанка	Импортный аналог (Valey, Bauer, Zimatic)
Тип машины	Круговая транспортируемая, реверсивная, с электроприводом на каждой тележке	Круговая транспортируемая, реверсивная, с электроприводом на каждой тележке
Конструкция пролета	Ферменная	Ферменная
Длина пролетов, м	59,9	58...62
Длина консоли, м	12...24	24
Клиренс, м	3,1	2,8
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	От 0,45 до 0,65	От 0,4 до 0,6
Скорость движения машины, м/ч	10...90 – при поливе; 144 – максимальная без полива	10...90 – при поливе; 144 – максимальная без полива
Тип привода	Мотор-редуктор и два червячных редуктора на каждой тележке	Мотор-редуктор и два червячных редуктора на каждой тележке
Тип колес	Пневмоколеса, по два на каждой тележке, высокопроходимые 14,9R24; оцинкованные диски колес	Пневмоколеса, по два на каждой тележке, высокопроходимые 14,9R24; оцинкованные диски колес
Рабочее напряжение, В/Гц	380/50	380/50
Электропитание	От дизель-генератора или от электросети	Опционально от дизель-генератора или от сети
Система выравнивания ферм	Рычажно-мультипликативная система повышенной точности	Рычажно-мультипликативная система повышенной точности
Система управления	Электромеханическая автоматическая	Электромеханическая автоматическая

параметров универсальной дождевальной машины «Казанка» показали, что ее основным эффектообразующими показателями являются:

- предотвращение или существенное снижение потери плодородия земель за счет улучшения качества дождя;
- водосбережение за счет уменьшения давления в трубопроводе и улучшения управления дождевальной машиной;
- совершенствование технологического процесса полива и на этой основе рост продуктивности орошаемых земель;
- низкое давление воды на гидранте 2...3 атм;
- система электрического привода;
- высокое качество дождя;
- программируемое реверсивное движение через полнофункциональную панель управления;
- возможность доставлять к растению не только воду, но и средства защиты и биопрепараты для листовой подкормки растений;
- возможность дождевальной машины передвигаться с одного гидранта на другой, обеспечивая за сезон полив растений на площади до 160 га («Казанка-8»);
- возможность удаленного управления и контроля за работой и функционалом дождевальной машины;
- возможность проведения освежительных поливов небольшими нормами за короткое время,

совмещая полив с листовой подкормкой растений;

- программируемость всех функций панели, включая даты и времени;
- возможность внесения с поливной водой жидкости с агрессивной средой (животноводческие стоки, микро- и макроудобрения);
- расширение зоны орошаемого земледелия и интенсификации сельскохозяйственного производства.

Продукция завода сертифицирована в установленном порядке и имеет сертификаты соответствия Таможенного союза и Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Система сертификации ГОСТ Р). Имеется сервисная служба с квалифицированными кадрами для гарантийного и постгарантийного обслуживания машин.

Производственные мощности КЗОТ позволяют изготавливать 200 дождевальных машин/год, которые успешно работают во многих областях и регионах Российской Федерации (Нижний Новгород, Пенза, Саратов, Самара, Оренбург, Республика Марий Эл и Республика Чувашии).

Заключение. Качественное и своевременное выполнение вышеизложенных агротехнических приемов, строгое соблюдение режима орошения с использованием новой высокоэффективной дождевальной машины «Казанка» кругово-

го действия обеспечивает стабильное получение 5,94...6,08 т/га зерна яровой пшеницы с выходом товарной продукции 3,5...4 т/га с массой 1000 семян 40 г и более и соответствующей к 1-му классу качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хисматуллин М.М., Сафиоллин Ф.Н. Система мелиоративного земледелия в Республике Татарстан. Казань, 2015. 317 с.
2. Шакиров А.Ш., Хисматуллин М.М. Мелиорация земель. Казань, 2006. 190 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Земельные ресурсы и приемы рационального их использования / Ф.Н. Сафиоллин, М.М. Хисматуллин, С.В. Сочнева и др. Казань, 2018. 211 с.
5. Продуктивность различных видов яровой пшеницы в зависимости от фона питания при различных нормах высева в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / Ф.Ш. Шайхутдинов, М.Ф. Амиров, И.М. Сержанов и др. // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 1(5). С. 46–51.
6. Шашкаров Л.Г., Мефодьев Г.А., Балыкин А.А. Густота посева, полевая всхожесть и структура урожая яровой пшеницы в зависимости от сорта и предпосевной обработки семян // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № S4-1(55). С. 132–136.
7. Роль сорта и основных элементов технологии в формировании урожайности яровой мягкой пшеницы в условиях Предволжской зоны Республики Татарстан / Ф.Ш. Шайхутдинов, И.М. Сержанов, А.Р. Сержанова и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 4(68). С. 71–76.
8. Шоймуратов А. Влияние минерального питания и орошения на рост и развитие твердой пшеницы // Life Sciences and Agriculture. 2020. № 2–3(7). С. 42–45. DOI: 10.24411/2181-0761/2020-10090.
9. Дамбадаржаа Н., Буянбаатар А., Дорж Б. Влияние орошения на урожай и некоторые биохимические показатели яровой пшеницы // Евразийский союз ученых. 2017. № 5–1(38). С. 24–26.
10. Шадских В.А., Кижаяева В.Е., Рассказова О.Л. Оптимизация режима орошения сельскохозяйственных культур для различных зон Саратовской области // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 6. С. 4–8.
11. Едгоров Н.Г., Халиков Б.М. Влияние сроков посева, норм удобрений и режимов орошения на степень зимостойкости озимой пшеницы // Актуальные проблемы современной науки. 2023. № 2(131). С. 11–18.
12. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений при различных технологиях орошения в условиях юга России / С.М. Васильев, В.И. Ольгаренко, А.Н. Бабичев и др. // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 3(39). С. 241–253. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-241-253.

REFERENCES

1. Khismatullin M.M. The system of reclamation agriculture in the Republic of Tatarstan. Kazan / M.M. Khismatullin, F.N. Safiollin. Kazan, 2015. 317 p.

2. Shakirov A.S. Land reclamation / A.S. Shakirov, M.M. Khismatullin. Kazan, 2006. 190 p.
3. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Agropromizdat, 1985. 351 p.
4. Safiollin F.N. Land resources and methods of their rational use / F.N. Safiollin, M.M. Khismatullin, S.V. Sochneva, etc. Kazan, 2018. 211 p.
5. Shaikhutdinov F.Sh. Productivity of various types of spring wheat depending on the background of nutrition at different seeding rates in the conditions of the Pre-Kama zone of the Republic of Tatarstan / F.Sh. Shaikhutdinov, M.F. Amirov, I.M. Serzhanov et al. // Agrobiotechnology and digital agriculture. 2023. No. 1(5). Pp. 46–51.
6. Shashkarov L.G. Sowing density, field germination and yield structure of spring wheat depending on the variety and pre-sowing seed treatment / L.G. Shashkarov, G.A. Methodiev, A.A. Balykin // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2019. Vol. 14. No. S4–1 (55). Pp. 132–136.
7. Shaikhutdinov F.S. The role of the variety and the main elements of technology in the formation of the yield of spring soft wheat in the conditions of the Pre-Volga zone of the Republic of Tatarstan / F.S. Shaikhutdinov, I.M. Serzhanov, A.R. Serzhanova et al. // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2022. Vol. 17. No. 4(68). Pp. 71–76.
8. Shoymuradov A. The influence of mineral nutrition and irrigation on the growth and development of durum wheat / A. Shoymuradov // Life Sciences and Agriculture. 2020. № 2–3(7). Pp. 42–45. DOI: 10.24411/2181-0761/2020-10090.
9. Dambadarzhaa N. The effect of irrigation on the harvest and some biochemical parameters of spring wheat / N. Dambadarzhaa, A. Buyanbaatar, B. Dorj // Eurasian Union of Scientists. 2017. № 5–1(38). Pp. 24–26.
10. Shadskikh V.A. Optimization of the irrigation regime of agricultural crops for various zones of the Saratov region / V.A. Shadskikh, V.E. Kizhaeva, O.L. Rasskazova // Melioration and water management. 2019. No. 6. Pp. 4–8.
11. Edgorov N. G. The influence of sowing dates, fertilizer norms and irrigation regimes on the degree of winter hardiness of winter wheat / N.G. Edgorov, B.M. Khalikov // Actual problems of modern science. 2023. № 2(131). Pp. 11–18.
12. Vasiliev S.M. Productivity of winter wheat depending on doses of mineral fertilizers with various irrigation technologies in the conditions of southern Russia / S.M. Vasiliev, V.I. Olgarenko, A.N. Babichev et al. // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of Melioration. 2020. № 3(39). Pp. 241–253. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-241-253.

Хисматуллин Марс Мансурович, доктор с.-х. наук, директор, rezi-almet@yandex.ru (Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Республике Татарстан, г. Казань); **Валиев Айрат Расимович**, доктор техн. наук, профессор, ректор, ayratvaliev@mail.ru; **Сержанов Игорь Михайлович**, доктор с.-х. наук, доцент, директор Института агробиотехнологий и землепользования, igor.serzhanov@mail.ru; **Сафиоллин Фаик Набиевич**, доктор с.-х. наук, профессор кафедры землеустройства и кадастров, faik1948@mail.ru; **Сочнева Светлана Викторовна**, кандидат с.-х. наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров, sochneva.sv1@mail.ru (Казанский государственный аграрный университет, г. Казань); **Вафин Радик Кадырович**, кандидат с.-х. наук, КФХ Вафин Радик Кадырович, глава, ooohaerbi@yandex.ru (Лаишевский муниципальный район, Респ. Татарстан).

ПЕРСПЕКТИВА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ РЯЗАНСКОЙ МЕЩЕРЫ

Ю.А. МАЖАЙСКИЙ

Ключевые слова: Мещерская низменность, торфяные болота, мелиорация, осушительные системы, рациональное использование, природоохранные мероприятия, выработанные болота, регенерация, прилегающие территории.

Keywords: Meshcherskaya lowland, peat bogs, land reclamation, drainage systems, rational use, environmental protection measures, developed swamps, regeneration, adjacent territories.

Аннотация. В статье дан краткий анализ из истории мелиорации болот Мещерской низменности. Показано современное состояние осушенных болот Рязанской Мещеры. Изложены теоретические аспекты их охраны рационального использования. Рассмотрен вопрос восстановления – регенерация выработанных болот. Представлена научно обоснованная перспектива изучения торфяных болот в народно-хозяйственном и экологическом аспектах в современных условиях.

Abstract. The article provides a brief analysis of the history of reclamation of the Meshcherskaya lowland marshes. The current state of the drained marshes of the Rязан Meschera is shown. The theoretical aspects of their protection and rational use are described. The issue of restoration is considered – regeneration of worked-out swamps. A scientifically based perspective of studying peat bogs in national economic and environmental aspects in modern conditions is presented.

Введение. Настоящая работа направлена на обеспечение научных основ охраны и рационального использования природопользования болот Рязанской Мещеры.

Основная задача ее сводится к улучшению использования и воспроизводства природных ресурсов, в частности, торфяных болот. Следует напомнить, что болото – это избыточно-увлажненный участок земной поверхности, для которого характерно постоянное переувлажнение и дефицит кислорода, произрастание влагостойкой растительности и накопление частично разложившегося органического вещества (торфа), различной мощности. По-другому, болото – это экосистема, состоящая из трех основных компонентов: воды, болотной растительности и торфа.

Следует заметить, что торфяные болота – это уникальные природные образования, выполняющие важную роль в биосфере земли. Они консервируют большие запасы пресной воды и этим определяют водный и гидрологический режимы территории.

Изложенное выше дает основание полагать, что в основу рационального природопользования на торфяных болотах должен быть положен научный подход, с оценкой динамики современных природных процессов в торфяно-болотных экосистемах как в естественном состоянии, так и при антропогенном воздействии (осушение и использовании в сельском хозяйстве, добычи торфа и т. д.).

Поэтому рассматривать следует все торфяные болота, т. е. совокупность всех используемых в разных целях и неиспользуемых торфяных болот (водно-болотные комплексы, осушенные болота сельскохозяйственного назначения).

При этом для проведения работ по мелиоративному обустройству болот и использованию их в сельском хозяйственном производстве требуются разработки рациональных методик оценки сохранности торфяных почв и их долговечности.

Цель, задачи и методика исследований. Основной целью работы является обеспечение научных основ охраны и рационального использования природопользования болот Рязанской Мещеры.

Поставленная цель требует решения следующих задач:

- разработать показатели состояния мелиоративного режима торфяных почв и параметры осушительных систем с учетом сохранения экологического равновесия в агросистемах осушенных болот;
- обосновать и рекомендовать систему мониторинга на осушенных торфяных почвах при их использовании под сельскохозяйственные угодья с учетом формирования устойчивых и высокопродуктивных агроландшафтов;
- изучить закономерности влияния осушения болот на водообеспеченность прилегающих территорий;
- разработать мероприятия по охране и восстановлению торфяных болот посредством рационального использования и регенерации выработанных и сработанных торфяников.

В качестве методологической основы применен системный подход, анализ и синтез используемых научных источников.

Теоретические результаты исследований. Начало проведения работ по освоению земель Ме-

щерской низменности началось в 1952 г., когда институтом Ростгипроводхоз была составлена схема мелиоративных мероприятий и сельскохозяйственного использования болотных комплексов.

В 1954 г. биолого-почвенный факультет МГУ организовал для исследования природы Мещерской низменности Окско-Мещерскую экспедицию с целью использования переувлажненных земель в сельском хозяйстве [3]. За два года экспедиции были исследованы почвы и составлены почвенные карты переувлажненных земель, а также установлены площади торфяных болот, водно-физические и агрохимические свойства торфа различных типов болот.

Материалы Окско-Мещерской экспедиции послужили в дальнейшем для разработки проектов по осушению низинных болот Мещеры.

С 1962 г. начались мелиоративные работы по осушению низинных болот южной Мещеры, а к 1964 г. были осушены болота: «Кальское», «Тинки-I», «Тинки-II», «Ольхи» Рязанского района и ряд Клепиковского района.

В период 1970–1980 гг. проведена широкая мелиорация болот и заболоченных земель центральной Мещеры. В этот период были осушены болота: «Макеевский мыс», «Никитское», «Вожа», «Пра-6», «Совка» и другие. Площадь мелиорируемых земель в этот период в Рязанской области составляла 100,6 тыс. га, из них около трети торфяных болот. При этом, мелиоративные работы проводились на основе научно-го подхода к проведению осушения и культуртехнических работ. Так, в трудах С.Ф. Аверьянова, А.Д. Брудастова, Д.Г. Головки, А.И. Голованова, А.Н. Костякова, Б.С. Маслова, А.В. Шуравилина и многих других ученых были предложены математически обоснованные методы определения междренних расстояний, обоснованы нормы и режимы осушения под различные сельскохозяйственные культуры, технологии строительства осушительных сетей и ускоренного освоения осушенных земель. Разработаны конструкции осушительно-увлажнительных систем, включая водооборотные [1, 2, 4–8].

Так, если в начале проведения мелиоративных работ основным способом осушения были открытые каналы, врезанные дном в песок, то в дальнейшем было применение осушительно-увлажнительных и водооборотных систем с замкнутым циклом оборота. А также, если в 60-х годах при строительстве дренажа использовали гончарные трубы, то в 70–80-е годы в основном перешли на пластмассовый дренаж.

Из основных итогов научных исследований по осушительной мелиорации торфяных почв определены следующие направления:

- разработаны параметры осушительной сети;
- изучены режимы осушения торфяных почв;
- разработана система земледелия на осушенных торфяных почвах;
- исследованы процессы осадки и сработки торфа;
- изучено влияние осушения болот на прилегающие территории [5–7, 9].

К 90-м годам темпы мелиоративных работ по осушению значительно сократились, можно сказать, что практически прекратились. Так, согласно данным Комитета по земельным ресурсам, в Рязанской области по состоянию на 01.01.2002 числилось 98 тыс. га осушенных земель из них половина торфяных болот, то к настоящему времени эти площади почти все переведены в немелиорируемый фонд.

Мелиоративное состояние осушенных торфяников из-за отсутствия надлежащего ухода за осушительной сетью и ее ремонта, значительно ухудшилось. Работы по реконструкции осушительных систем также полностью были прекращены, что вылилось к бесхозности ранее использованных торфяных почв в сельскохозяйственном производстве.

В основу рационального использования торфяных болот должен быть положен тип водного питания болот, определяющих характер торфяной залежи, виды и способы природоохранных и мелиоративных мероприятий. Их водный режим определяется условиями поверхностного и грунтового стока водораздельных ландшафтов. В этой связи определяются и типы торфяных болот: низинный, переходный и верховой. В связи с этим определяется и направление их использования в промышленном, сельскохозяйственном и природоохранном направлениях, т. е. сельскохозяйственные и лесные угодья на торфяных болотах, выработанные торфяники, составляют эколого-хозяйственный фонд торфяных болот Рязанской Мещеры.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве используются ранее осушенные низинные торфяные болота в основном в луго-пастбищном направлении и при выращивании многолетних трав, что обеспечивает сохранность остаточной торфяной залежи.

Однако часть мелиорируемых болот практически не используется в связи с нарушением работы дренажных систем. Они вторично заболачиваются и зарастают древесной растительно-

стью, требуют проведения эксплуатационных работ и дальнейшего сельскохозяйственного использования.

Другая часть осушенных торфяных болот под действием интенсивного использования в сельскохозяйственном производстве утратила торфяные почвы и превратилась в минеральные малопродуктивные агроземы. И третья часть торфяных болот была использована под промышленной добычей торфа. Это так называемые выработанные торфяники.

В настоящее время площади этих трех приведенных направлений точно не установлены. Также не установлено их эколого-хозяйственное состояние (мощность остаточного слоя торфа, водный режим и использование и требует проведение детального обследования).

Для чего необходимо создать экспедиционную группу научных работников в составе мелиораторов, почвоведов и экологов.

По результатам проведенных исследований по состоянию торфяных болот Рязанской Мещеры необходимо разработать:

- рекомендации по формированию и ведению агроэкологического мониторинга мелиорируемых агроландшафтов;
- новые технические и технологические решения, направленные на рациональные мероприятия по сохранению плодородия остаточных торфяных почв;
- мероприятия экологической защиты торфяных болот от интенсивной производственной нагрузки их использования;
- мероприятия по возможному снижению возгоранию торфяников, используемых в сельском хозяйстве и торфяных отвалов при промышленной добычи торфа;
- гидро- и агромелиоративные мероприятия по рекультивации выработанных, сработанных торфяников или возвращение экосистемы болота в исходное состояние (их восстановление — регенерация).

Восстановление выработанных и сработанных болот Мещеры. Восстановление болот на месте выработанных или сработанных торфяных месторождений может быть определено как мероприятие направленные на возвращение природной системы в исходное (заболоченное) состояние, т. е. к восстановительной торфонакопительной функции. При этом восстановление болот следует рассматривать как совместимость естественных, так и техногенных процессов.

Восстановление болот производится поэтапно. По Н. Kuntze и R. Eggelsmann выделя-

ются следующие этапы восстановления: *первоначальная ситуация* (болото после использования добычи торфа или в сельском хозяйстве); *переувлажнение* (восстановление гидрологического режима — 10 лет); *ренатурализация* (возобновление естественного растительного покрова — 10...100 лет) и *регенерализация* (процесс аккумуляции торфа более 100 лет).

Процесс переувлажнения рассматривается как первичный этап восстановления болот, который характеризуется повышением уровня воды почти у поверхности в течение 3...5 лет до его стабилизации.

Второй этап (ренатурализация) заключается в возобновлении естественного болотного растительного покрова и определяется как технически управляемое мероприятие, после которого начинается регенерация торфяного болота. В целом, под регенерацией болот понимается совокупность естественных процессов и искусственных технических мероприятий, влияющих на возобновление процессов болотообразования и торфонакопления.

Следует заметить, что регенерируемое болото развивается благодаря специальным мероприятиям значительно быстрее естественного природного развития.

Этап переувлажнения наиболее ответственный момент при восстановлении болота, так как повышения уровня воды до поверхности выработанного торфорождения повысит и уровень грунтовых вод и на прилегающих территориях. В этой связи необходимо изучить влияние затопления болота на экологию прилегающих территорий.

Заключение. Для реализации цели и задач необходимы условия:

- провести патентный поиск по технологиям и технологическим решениям возможным к применению в современных условиях;
- провести комплексное рекогносцировочное обследование всех болот (целинных и осушенных) Рязанской Мещеры (количество, площади, эффективность использования, типы болот, воднофизические и агрохимические свойства торфяных и минеральных прилегающих почв, а также оценить работу мелиоративных систем;
- определиться с тематикой проведения научных исследований и выйти с предложением включения ее в план научных исследований ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ» имени А.Н. Костякова;
- провести поиск дополнительных к государственному финансированию инвестиций в необходимом объеме на дополнительные расходы комплексной экспедиции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов С.Ф. Об осушении низинных болот // Научный тр. МИИВХ.М., 1957. С. 15–23.
2. Виленский Д.Г. Мещерская низменность и ее комплексное изучение // Труды Окско-Мещерской экспедиции МГУ.М., 1961. С. 1–125.
3. Головки Д.Г. Земледелие на торфяных почвах и осушенных почвогрунтах. Л.: Колос, 1975. 231 с.
4. Методические рекомендации по долгосрочному сельскохозяйственному использованию осушенных торфяных почв Нечерноземной зоны Российской Федерации / Б.С. Маслов [и др.]. М., 1999. 96 с.
5. Мажайский Ю.А., Томин Ю.А. Мелиоративные и агроэкологические аспекты использования почв-угодий Окско-Мещерского Полесья // Кн. 1 «Преобразование и использование природных ресурсов». Т. 2. Минск, 2019. С. 415–443.
6. Мажайский Ю.А., Томин Ю.А. Принципы рационального использования и охраны торфяных почв Окско-Мещерского Полесья // Полесье России. 2019. № 4. С. 154–164.
7. Никитин И.С., Панов Е.П., Родин К.И. Мелиорация земель Мещерской низменности. М.: Московский рабочий, 1986. 208 с.
8. Меры по охране торфяных почв сельскохозяйственного назначения / Ю.А. Томин, Ю.А. Мажайский и др. // Мелиорация земель и управление водными ресурсами. 2016. № 4. С. 36–38.
9. Томин Ю.А., Мажайский Ю.А., Евсенкин К.Н. Антропогенная деградация торфяных почв Мещерской низменности и меры по повышению их экологической устойчивости // Антропогенная деградация торфяных почв Мещерской низменности. Эколого-экономическое обоснование рекультивации торфяно-болотных комплексов и технологии их рационального использования. М.–Рязань, 2012. С. 97–120.

REFERENCES

1. Averyanov S.F. About the drainage of lowland swamps. Scientific tr. MIIVH, M., 1957. Pp. 15–23.
2. Vilensky D.G. Meshcherskaya lowland and its comprehensive study. Tr. of the Oksko-Meshcherskaya expedition, Moscow State University, Moscow, 1961. Pp. 1–125.
3. Golovko D.G. Agriculture on peat soils and drained soil lands. L.: Kolos, 1975. 231 p.
4. Maslov B.S. et al. Guidelines for the long-term agricultural use of drainage peat soils of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. M., 1999. 96 p.
5. Mazhaysky Yu.A., Tomin Yu.A. Land reclamation and agroecological aspects of the use of soils-lands of the Oksko-Meshchersky Polesie in book 1, volume 2 «Transformation and use of natural resources». Minsk, 2019. Pp. 415–443.
6. Mazhaysky Yu.A., Tomin Yu.A. Principles of rational use and protection of peat soils of the Oksko-Meshchersky Polesie in the book «Polesie of Russia». Minsk, 2019. No. 4. Pp. 154–164.
7. Nikitin I.S., Panov E.P., Rodin K.I. Land reclamation of the Meshcherskaya lowland. M.: Moskovsky Rabochy, 1986. 208 p.
8. Tomin Yu.A., Mazhaysky Yu.A. and others. Measures for the protection of peat soils for agricultural purposes» Zh. «Land reclamation and water management». M., 2016, No. 4. Pp. 36–38.
9. Tomin Yu.A., Mazhaysky Yu.A., Evsenkin K.N. Anthropogenic degradation of peat soils of the Meshcherskaya lowland and measures to improve their environmental sustainability. In the book. «Ecological and economic justification of the reclamation of peat-bog complexes and technologies for their rational use» M.–Ryazan, 2012. Pp. 97–120.

Мажайский Юрий Анатольевич, доктор с.-х. наук, профессор, mail@mntc.pro (ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, Мещерский филиал, г. Рязань).

УДК 631.6

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-3-19-24

МЕТЕОДААННЫЕ РЕАНАЛИЗА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ БУРУНДИ



С.А. МАКСИМОВ, Е.Э. ГОЛОВИНОВ, И. ИЧИТЕГЕТСЕ

Ключевые слова: мелиоративный режим, реанализ, метеоданные, визуализация данных, блочная диаграмма, квартиль.

Keywords: reclamation mode, reanalysis, meteorological data, data visualization, block diagram, quartile.

Аннотация. Несмотря на хорошую естественную влагообеспеченность ландшафтов и земель Республики Бурунди, именно развитие орошаемого земледелия является основой благополучия и продовольственной независимо-

сти страны. Орошаемое земледелие в Бурунди, должно не только гарантировать высокую продуктивность сельскохозяйственных растений, но и обеспечивать расширенное воспроизводство плодородия почв, экономичное использование ресурсов и экологическую безопасность сельского хозяйства. Достижение поставленных целей возможно при соблюдении определенного мелиоративного режима – совокупности требований к управляемым факторам, обеспечивающих гармоничное существование во времени и функционирование в ландшафтном пространстве, агроценозов Республики Бурунди. Целью научных исследований, представленных в настоящей статье является установление возможности использования климатических данных реанализа для обоснования мелиоративного режима орошаемых земель республики Бурунди, сопоставления их с данными, полученными в ходе непосредственных наблюдений на метеостанциях, расположен-

ных на территории Республики Бурунди, и оценки их достоверности.

***Annotation.** Although the landscapes and lands of the Republic of Burundi have a good natural moisture supply, the country's well-being and food independence depend on the development of irrigated agriculture. The goal of irrigated agriculture in Burundi is not only to ensure high productivity of agricultural plants, but also to promote the reproduction of soil fertility, the economical use of resources, and the environmental safety of agriculture. Achieving the set goals is possible by observing a specific reclamation regime. This regime consists of a set of requirements for controlled factors that ensure harmonious coexistence and functioning of the landscape space and agro-cenoses in the Republic of Burundi. The purpose of this research is to determine whether climate analysis data can be used to support the reclamation regime of irrigated lands in the Republic of Burundi. This will be achieved by comparing the climate analysis data with data obtained from direct observations at meteorological stations located within the Republic of Burundi, and assessing the reliability of the results. .*

Введение. Статья подготовлена в рамках цикла научно-исследовательских работ, принимаемых за основу диссертационной работы Инносента Ичигетесе на тему «Обоснование мелиоративного режима на примере орошения кукурузы в агро-мелиоративном регионе Имбо Республики Бурунди», которая, несомненно, станет вкладом в развитие орошаемого земледелия страны.

Республика Бурунди располагает значительными орошаемыми землями, имеющими решающее значение для сельского хозяйства и продовольственной безопасности в регионе. Эти земли играют жизненно важную роль в поддержании экономики страны и средств к существованию ее населения. Однако эффективность ирригационных методов и мелиоративных работ в Бурунди может зависеть от изменчивости и изменения климата.

Понимание климатических моделей, доступности воды и теплового режима, влияющих на орошаемые земли, необходимо для устойчивого управления земельными ресурсами и продуктивности сельского хозяйства. Данные реанализа климата могут дать ценное представление об исторических климатических тенденциях, будущих прогнозах и изменениях в гидрологическом и тепловом режимах, которые влияют на эти земли.

Республика Бурунди, расположенная в восточной части экваториальной Африки, не имеет выхода к морю, является одной из слаборазвитых стран в мире. На юго-западе Бурунди омывается водами одного из крупнейших пресноводных озер мира Танганьика (18 % мировых запасов пресной воды).

Климат Бурунди — тропический имеет значительные суточные амплитуды колебания температуры. Среднегодовая температура на центральном плато — 20 °С, на территории вокруг озера Танганьика — 23 °С, в горной местности на северо-востоке страны — 16 °С. Наибольшее количество осадков выпадает на северо-западе. Среднее годовое количество осадков на большей части Бурунди составляет 1300...1600 мм, на равнине Русизи и северо-восточной части страны — 750...1000 мм. В зависимости от продолжительности сезонов выпадения осадков выделяют: длинный сухой сезон (июнь — август), короткий влажный сезон (сентябрь — ноябрь), короткий сухой сезон (декабрь — январь) и длинный влажный сезон (февраль — май) [3].

Почвенный покров Республики Бурунди в основном представлен Красно-желтыми фералитовыми сильно-, средне- и слабо- насыщенными, а также эутрофными (насыщенными) лесовидными почвами избыточного грунтового увлажнения [4].

По данным из открытых источников сельское хозяйство является основой экономики Республики Бурунди, на долю которого приходится около 40 % валового внутреннего продукта (ВВП), 95 % продовольствия и более 90 % валютных поступлений [7]. Площадь пахотных земель составляет около 1 100 000 га (~43 % общей площади), из них 74 000 га (6,7 % пахотных земель) являются орошаемыми [5]. Орошение осуществляется в основном традиционными способами. Для орошения на западе используются воды озера Танганьика в восточной части воды рек Марагарази и Рувубу, Русизи, на северо-востоке озера Чохоха и Гверу. Основные сельскохозяйственные культуры — кофе, чай, маниок, фасоль, бананы, сладкий картофель, зерновые культуры и сорго, пальмы, табак.

Республика Бурунди сталкивается с серьезными проблемами в области водных ресурсов: рост населения и чрезмерная эксплуатация земель приводят к истощению и деградации природных ресурсов. Ситуация еще более усугубляется экономическим дефицитом воды, который тесно связан с производством энергии и сельским хозяйством [8].

Однако производительность сельского хозяйства в Бурунди сдерживается рядом проблем, включая деградацию земель, воздействие климата, отсутствие доступа к сельскохозяйственной инфраструктуре и неэффективное использование водных ресурсов, все из которых способствуют росту продовольственной безопасности в Бурунди [7]. Поэтому для повышения продук-

тивности сельского хозяйства необходимы инновационные стратегии, такие как различные технологии орошения и интерпретация климатических данных. Орошаемое земледелие в Бурунди, должно не только гарантировать высокую продуктивность сельскохозяйственных растений, но и обеспечивать расширенное воспроизводство плодородия почв, экономичное использование ресурсов и экологическую безопасность сельского хозяйства. Достижение поставленных целей возможно при соблюдении определенного мелиоративного режима – совокупности требований к управляемым факторам, обеспечивающих гармоничное существование во времени и функционирование в ландшафтном пространстве, агроценозов Республики Бурунди.

Методы и результаты исследований. Одним из первых этапов осуществляемых нами научных исследований является решение задачи установления возможности использования климатических данных реанализа, сопоставления их с данными, полученными в ходе непосредственных наблюдений на метеостанциях, расположенных на территории Республики Бурунди, и оценки их достоверности.

В работе выполнен сравнительный анализ данных, полученных в результате инструментальных измерений на шести метеорологических станциях Республики Бурунди (таблица) и данных реанализа AgERA5 [6].

Климатические данные реанализа представляют собой комплексные наборы данных о климате, полученные путем объединения множества источников информации, включая наземные наблюдения, данные с метеорологических спутников, а также измерения, сделанные буями, кораблями и самолетами. Эти данные затем ассимилируются (интегрируются) с помощью комплексных климатических моделей или систем моделирования погоды, что позволяет создать последовательный и всеобъемлющий набор данных о состоянии атмосферы, океанов и других систем в разные моменты времени.

Основное преимущество реанализа заключается в том, что он обеспечивает однородные и согласованные данные о климате за длительные периоды времени, что крайне важно для исследований изменений климата, моделирования климатических процессов и понимания динамики погоды. Реанализ помогает устранить проблемы, связанные с неоднородностью и прерывистостью прямых наблюдений, обеспечивая тем самым более точную и непрерывную картину изменений в атмосфере и климате на Земле.

Существует несколько крупных проектов реанализа, проводимых ведущими метеорологическими и климатическими исследовательскими центрами по всему миру, такими как Европейское центральное управление по прогнозам погоды на средний срок (ECMWF), Национальное управление океанических и атмосферных исследований (NOAA) в США и другие. Каждый из этих проектов реанализа использует свои методы и модели для создания наборов данных, которые могут немного отличаться по своей точности и детализации, но все они предоставляют ценную информацию для научных исследований и практического применения.

Для графической интерпретации данных и сопоставления метеоданных, нами, в том числе, были использованы, так называемые, блочные диаграммы.

Блочные диаграммы (boxplots) являются мощным инструментом визуализации для оценки распределения данных, позволяя быстро оценить медиану, квартили, а также наличие выбросов. Вот как можно интерпретировать результаты построения коробчатых диаграмм для суммарных за месяц данных об осадках за 30 лет из двух источников (реанализ и метеостанция) для каждого из 6 населенных пунктов:

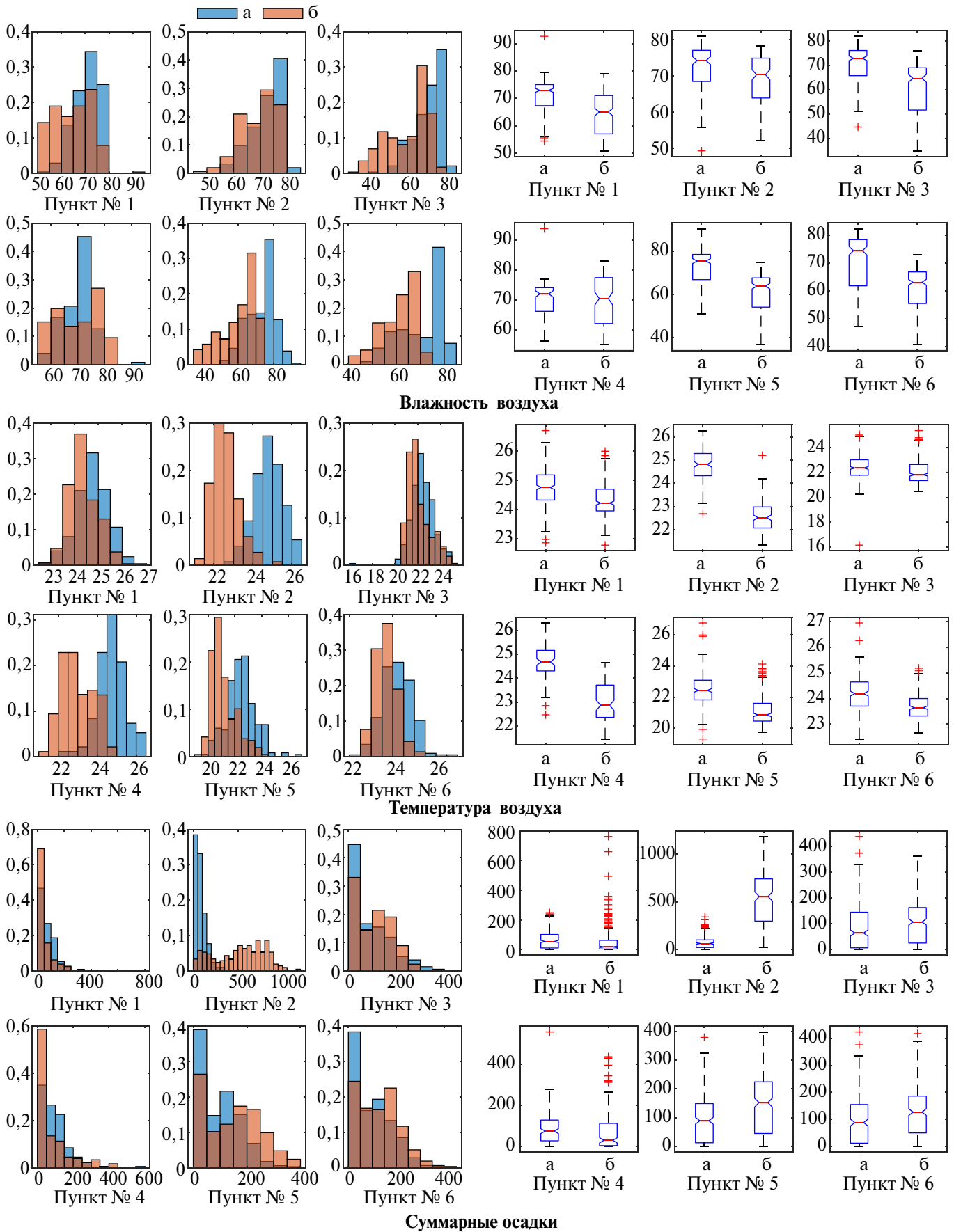
Для понимания полученных результатов следует дать некоторые комментарии.

- Линия в середине коробки указывает на медиану (50-й перцентиль) данных. Если линия медианы смещена вверх или вниз внутри коробки, это указывает на асимметрию распределения данных. Сравнение медиан между коробками может показать, как средние уровни осадков отличаются между источниками данных или населенными пунктами.

- Границы коробки представляют собой первый (25-й перцентиль) и третий (75-й перцентиль) квартили данных. Размер коробки (межквартильный размах) отражает степень разброса данных: чем шире коробка, тем больше разброс. Сравнение межквартильных размахов между различны-

Координаты расположения метеостанций

Метеостанция	Долгота	Широта	Высота над уровнем моря, м
Бужумбура (аэропорт)	29.32	-3.32	783
Имбо (Семс)	29.35	-3.18	820
Кинья	30.33	-3.65	1308
Мпарамбо	29.08	-2.83	887
Мусаса	30.10	-4.00	1260
Ньянза Лак	29.62	-4.32	820



Результаты инструментальных измерений на метеорологических станциях Республики Бурунди :
 а – по данным метеонаблюдений; б – по данным реанализа

ми коробками может указывать на различия в изменчивости данных об осадках.

- «Усы» коробчатой диаграммы простираются от первого и третьего квартилей до крайних значений данных, которые находятся в пределах 1,5 межквартильных размахов от квартилей. Они показывают распределение данных за пределами среднего разброса, но в пределах ожидаемого диапазона. Длинные усы могут указывать на наличие длиннохвостых распределений.

- Точки за пределами усов обозначают выбросы – данные, которые лежат за пределами 1,5 межквартильных размахов от квартилей. Наличие значительного количества выбросов может указывать на экстремальные значения осадков (например, сильные ливни или засухи), которые выходят за рамки обычного распределения данных.

- Сравнивая блочные диаграммы между двумя источниками данных для каждой метеостанции, можно оценить, насколько хорошо данные реанализа соответствуют данным метеостанций. Различия в медианах, межквартильных размахах и выбросах могут указывать на систематические различия в измерениях или в их интерпретации между источниками.

Результаты сопоставления суммарных месячных значений осадков, абсолютных среднемесячных значений влажности воздуха и среднемесячных значений температуры воздуха, полученных в результате инструментальных измерений на метеорологических станциях Республики Бурунди и данных реанализа AgERA5 представлены на рисунке.

Столбчатые диаграммы построены для характерных месячных значений в общем массиве данных метеонаблюдений и реанализа (коричневый цвет – наложение данных а и б). Блочные диаграммы изображены с ограничителями выбросов значений:

Выводы

1. В ходе проведенных исследований данные реанализа сравнивались с фактическими данными наблюдений, полученных на метеостанциях Республики Бурунди: Бужумбура (аэропорт), Имбо (Семс), Киньяня, Мпарамбо, Мусаса, Ньянза Лак.

2. Проведенное сопоставление и анализ выявили довольно существенное несовпадение:

- суммарных месячных значений осадков в общем массиве данных метеонаблюдений и реанализа в пунктах Имбо (Семс) и Мусаса;

- характерных абсолютных среднемесячных значений влажности воздуха в пунктах, Киньяня, Мусаса, Ньянза Лак;

- характерных среднемесячных значений температуры воздуха в пунктах Имбо (Семс), Мпарамбо, Мусаса.

По нашему мнению, возможно, это связано с качеством осуществления метеонаблюдений в Республике, а также влиянием множества факторов на данные реанализа, таких как: изменчивости погодных условий в Республике Бурунди, глобальных и материковых Африканских тенденций изменения климата, особенностей микроклимата в вышеперечисленных пунктах наблюдения.

3. Общее относительное наилучшее соответствие данных реанализа и фактических данных наблюдений выявлено в пунктах Бужумбура (аэропорт) и Ньянза Лак. По-видимому, это объясняется стабильным влиянием озера Танганьика на метеопараметры прилегающих территорий.

4. При определении дефицита водопотребления сельскохозяйственных растений для обоснования режимов орошения на участках, удаленных от пунктов наблюдения за метеоданными возможно использование климатических интерпретаций реанализа, на участках близко расположенных к метеостанциям, несмотря на неполноту рядов данных, предпочтительно использовать данные фактических наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государства и территории мира. Справочные сведения // Атлас мира / Сост. и подгот. к изд. ПКО «Картография» в 2009 г.; гл. ред. Г.В. Поздняк. М.: ПКО «Картография»: Оникс, 2010. С. 15.
2. Атлас мира: максимально подробная информация / Руководители проекта: А.Н. Бушнев, А.П. Притворов. – М.: АСТ, 2017. С. 72.
3. Burundi – Climate [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nationsencyclopedia.com/Africa/Burundi-CLIMATE.html> (дата обращения: 24.04.2024).
4. Лобова Е.В., Хабаров А.В. Природа мира. Почвы. М.: Мысль, 1983. 303 с.
5. Burundi – Agriculture [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nationsencyclopedia.com/economies/Africa/Burundi-AGRICULTURE.html> (дата обращения: 24.04.2024).
6. Boogaard, H., Schubert, J., De Wit, A., Lazebnik, J., Hutjes, R., Van der Grijn, G., (2020): Agrometeorological indicators from 1979 to present derived from reanalysis. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.6c68c9bb.
7. Mperejekumana, P.; Shen, L.; Zhong, S.; Muhirwa, F.; Nsabiyeze, A.; Nsigayehe, J.M.V.; Nyirarwasa, A. Assessing the Capacity of the Water–Energy–Food Nexus in Enhancing Sustainable Agriculture and Food Security in Burundi. Sustainability 2023, 15, 14117. <https://doi.org/10.3390/su151914117>
8. Megerle, Heidi Elisabeth and Sanctus Niragira. The Challenge of Food Security and the Water-Energy-Food Nexus: Burundi Case Study: World review of nutrition and dietetics 121 (2020): 183–192 .

REFERENCES

1. States and territories of the world. Background information // Atlas of the world / Comp. and get ready. to the ed. PKO «Cartography» in 2009 ; chief editor G.V. Pozdnyak. M.: PKO «Cartography»: Onyx, 2010. P. 15.

2. Atlas of the world: the most detailed information / Project managers: A.N. Bushnev, A.P. Pritvorov. Moscow: AST, 2017. P. 72.

3. Burundi – Climate [Online resource]. URL: <https://www.nationsencyclopedia.com/Africa/Burundi-CLIMATE.html> (date of access: 24.04.2024).

4. Lobova E.V., Khabarov A.V. The nature of the world. Soils. Moscow: Thought, 1983. 303 p.

5. Burundi – Agriculture [Online resource]. URL: <https://www.nationsencyclopedia.com/economies/Africa/Burundi-AGRICULTURE.html> (date of access: 24.04.2024).

6. Boogaard, H., Schubert, J., De Wit, A., Lazebnik, J., Hutjes, R., Van der Grijn, G., (2020): Agrometeorological indicators from 1979 to present derived from reanalysis. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.6c68c9bb.

7. Mpererekumana, P.; Shen, L.; Zhong, S.; Muhirwa, F.; Nsabiyeze, A.; Nsigayehe, J.M.V.; Nyirarwasa, A. Assessing the Capacity of the Water–Energy–Food Nexus in Enhancing Sustainable Agriculture and Food Security in Burundi. Sustainability 2023, 15, 14117. <https://doi.org/10.3390/su151914117>

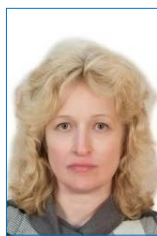
8. Megerle, Heidi Elisabeth and Sanctus Niragira. The Challenge of Food Security and the Water-Energy-Food Nexus: Burundi Case Study: World review of nutrition and dietetics 121 (2020): 183–192 .

Максимов Сергей Алексеевич, доктор техн. наук, доцент, гл. науч. сотрудник, зав. отделом мелиорации земель, s.a.maksimov@mail.ru; **Головинов Евгений Эдуардович**, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, зав. лабораторией автоматизации оперативного управления процессами при мелиорации земель, evgeny@golovinov.info (ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова); **Ичитегетсе Инносент**, аспирант кафедры сельскохозяйственных мелиораций, citegetseinnocent@gmail.com (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева).

УДК 631.01.020.05

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-3-24-28

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАПЕЛЬНОЙ ЛЕНТЫ ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УКЛАДКИ



Н.Б. МАРТЫНОВА, В.И. БАЛАБАНОВ, П.А. МИХЕЕВ, М.В. КАРПОВ

Ключевые слова: *капельный полив, поверхностная укладка, тяговое сопротивление, внутрпочвенная укладка, скоростной режим, механизированная укладка.*

Keywords: *drip irrigation, surface laying, traction resistance, subsoil laying, speed mode, mechanized laying.*

Аннотация. *Внедрение систем капельного полива на орошаемых территориях невозможно без создания специальных машин для укладки капельной ленты. Преимуществом внутрпочвенной укладки ленты является отсутствие потерь на испарение поливной воды и недопустимость ее нагрева до опасных для растения температур в жаркое время года. Для обеспечения качественной укладки капельной ленты в почву требуется постоянное натяжение ленты при колебаниях скорости машины или ее внезапной остановке. Отсутствие постоянного натяжения приведет к замятию ленты в укладочной трубе или ее перекручиванию, что сделает невозможным дальнейшую эксплуатацию системы капельного орошения и потребует проведения ремонтных работ, требующих дополнительных трудозатрат. Постоянное натяжение ленты обеспечивает ее точное расположение в почве, что исключит дополнительные потери напора при изменении положения ленты в процессе эксплуата-*

ции системы капельного полива. Для поддержания постоянного натяжения необходимо наличие постоянно действующего тормоза. Это создает дополнительные растягивающие усилия, приложенные к ленте. На ленту также действуют сопротивления укладки ее в почву. Исследования были направлены на установление численных значений усилий, действующих на капельную ленту для оценки их воздействия. Наиболее популярны хозяйствах ленты с толщиной 0,15...0,25 мм ввиду их небольшой стоимости. Исследованиями установлено, что для подземной укладки желательнее использование ленты толщиной не менее 0,2 мм. При использовании ленты толщиной 0,15 мм растягивающие усилия могут привести к опасным деформациям ленты, приводящим к невозможности ее дальнейшей эксплуатации.

Annotation. *The introduction of drip irrigation systems in irrigated areas is impossible without the creation of special machines for laying drip tape. The advantage of in-soil laying of the tape is the absence of losses due to evaporation of irrigation water and the inadmissibility of its heating to temperatures dangerous for the plant in the hot season. To ensure high-quality laying of the drip tape in the soil, constant tension of the tape is required when the speed of the machine*

fluctuates or it suddenly stops. The absence of constant tension will lead to jamming of the tape in the laying pipe or its twisting, which will make further operation of the drip irrigation system impossible and will require repair work that requires additional labor costs. Constant tension of the tape ensures its precise location in the soil, which will eliminate additional pressure losses when the position of the tape changes during operation of the drip irrigation system. To maintain constant tension, a permanent brake is required. This creates additional tensile forces applied to the tape. The tape is also affected by the resistance of laying it in the soil. The research was aimed at establishing the numerical values of the forces acting on the drip tape to assess their impact. The most popular tapes on farms are those with a thickness of 0.15...0.25 mm due to their low cost. Research has established that for underground installation it is desirable to use a tape with a thickness of at least 0.2 mm. When using a tape with a thickness of 0.15 mm, tensile forces can lead to dangerous deformations of the tape, making it impossible to further use.

Введение. В России капельный полив используется на 100 тыс. га, что составляет менее 10 % всех орошаемых территорий [1]. Одна из причин — отсутствие специализированных машин для производства укладочных работ.

Высокий процент ручного труда не только снижает производительность работ по укладке капельной ленты, но и не обеспечивает требуемого качества работ [2]. Для качественной укладки ленты требуется поддержание постоянного натяжения ленты, отклонения от прямолинейного расположения приведут к дополнительным сопротивлениям, что при длине гона свыше 100 м приведет к потерям напора при использовании некомпенсируемых капельниц [3].

При несоблюдении условия постоянного натяжения ленты возможно также ее перекручивание, что является аварийной ситуацией, при этом подача воды в трубу за аварийным участком прекращается, исправление ситуации требует значительных трудозатрат на проведение ремонтных работ. В последние годы появились машины для укладки капельной ленты, как для поверхностной, так и внутрипочвенной, но лишь у небольшой части конструкция рабочего органа позволяет поддерживать постоянное натяжение ленты [4].

Поверхностная укладка капельной ленты часто совмещается с укладкой пленки, соответственно, в конструкцию пленкоукладчика вводится оборудование для укладки капельной ленты. Недостатком данной оросительной системы является давление пленки на капельную ленту, что может привести к ее деформации и дополнительным сопротивлениям, а, следовательно, снижению напора. В жаркую погоду черная пленка быстро нагревается, нагревается также

лента и вода, содержащаяся в ней, температура может достигать значений, неблагоприятных для роста и развития растений. Высказываются предложения устройства небольшой ложбины для заглибления ленты с целью минимизации контакта с пленкой [5]. Однако пока это остается в числе изобретений, в конструкциях машин отражения не получило.

Поверхностная укладка капельной ленты осуществляется также без использования пленки. В этом случае, в виду непостоянного натяжения, лента отклоняется от первоначального прямолинейного положения, что приводит не только к потерям напора, но и к деформации самой ленты. При этом смещается контур увлажнения, растут потери воды на испарение и просачивание в нижележащие почвенные слои.

Несомненным преимуществом подземной укладки капельной ленты является удобное расположение в почве, позволяющее моделировать параметры контура увлажнения в соответствие с размерами корневого пространства. При соблюдении технологии укладки, капельная лента практически не отклоняется от заданного горизонтального и вертикального положения, поэтому при использовании некомпенсируемых капельниц и длине гона свыше 100 м потери напора будут ниже, чем при поверхностной укладке [6]. Однако при подземной укладке лента будет испытывать дополнительные тяговые сопротивления, что не должно привести к ее деформации. Дальнейшими исследованиями нужно установить оптимальную глубину укладки капельной ленты для максимально эффективного заполнения корневой зоны и возможностью лентой воспринимать дополнительные растягивающие усилия без потери формы.

Материалы и методы. При укладке капельной ленты в почву, кроме сопротивления резания грунта, возникают дополнительные сопротивления трения в подшипниках оси катушки с капельной лентой, а также в направляющей трубе [7]. Крепление оси катушки в подшипниках обусловлено необходимостью равномерного размотывания катушки при движении машины. Толчки и колебания катушки приводят к замятию ленты в направляющей трубе, избыточное натяжение может привести к обрыву ленты, ослабление к ее перекручиванию [8]. Оба этих случая являются аварийными, и требуют проведения ремонтных работ, что, в конечном итоге, приведет к повышенным трудозатратам, минимизируя преимущества от использования механизированных укладчиков.

Для определения сопротивлений укладки капельной ленты следует воспользоваться формулой [9]:

$$F_p = \mu G_y + k_p hb + \varepsilon hbv^2 + (f_k G_k d_o d_k^{-1} + 2G_k l_c d_k^{-1})(1 + e^{f_0 \beta}),$$

где μ – коэффициент трения сошника рабочего органа о грунт; G_y – вес оборудования для укладки капельной ленты, кН; k_p – удельное сопротивление резанию грунта, кН/м²; h – глубина укладки капельной ленты, м; b – ширина сошника укладчика, м; ε – коэффициент, учитывающий влияние скорости базовой машины; f_k – коэффициент трения оси катушки с капельной лентой в подшипниковой опоре; G_k – вес катушки с капельной лентой, кН; d_o – диаметр оси катушки, м; d_k – диаметр катушки с лентой, м; l_c – величина смещения центра катушки от оси вращения, м; f_0 – коэффициент трения ленты о нижние витки; β – угол обхвата катушки лентой, рад.

В процессе укладки, так как длина гона обычно не превышает 100...150м, значительную часть составляет период разгона и торможения базовой машины и связанные с этим колебания скорости. Однако даже во время установившегося движения, колебания скорости присутствуют. Это приводит к избыточному натяжению капельной ленты или, наоборот, к ее ослаблению.

Диапазон колебаний скорости определим из выражения [10]:

$$\Delta v = \frac{\delta_d r_x \left(M_n - \varepsilon_p \left(I_d + I_{пт} + \sum \frac{I_{вт}}{i_{вт}^2} + \sum \frac{I_{ф}}{i_{ф}^2} \right) \right)}{2n_d i_{вт} \left(I_d + I_{пт} + \sum \frac{I_{вт}}{i_{вт}^2} + \sum \frac{I_{ф}}{i_{ф}^2} \right)},$$

где δ_d – степень неравномерности момента двигателя базовой машины; r_x – радиус ходового колеса базового трактора, м; M_n – номинальный момент двига-

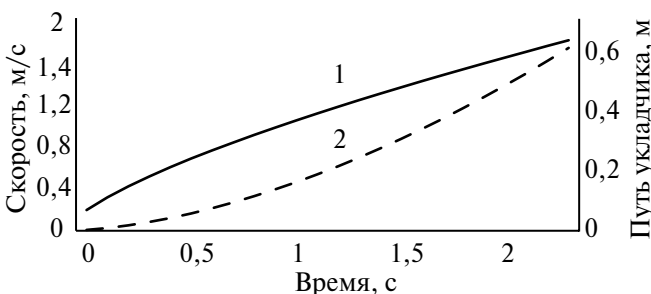


Рис. 1. Скорость укладчика и пройденное расстояние при неустановившемся движении машины:
1 – скорость при неустановившемся движении, м;
2 – длина уложенной ленты, м

теля, Нм; ε_p – степень нечувствительности регулятора; I_d – момент инерции двигателя базового трактора, кг·м²; $I_{пт}$ – момент инерции поступательно движущихся частей базовой машины, кг·м²; $I_{вт}$ – момент инерции вращающихся частей трансмиссии, кг·м²; $I_{ф}$ – момент инерции фрезы формирователя гребней, кг·м²; $i_{вт}$ – передаточное число вращающихся частей трансмиссии; $i_{ф}$ – передаточное число фрезы формирователя гребней; n_d – частота вращения карданного вала, с⁻¹.

Провисание ленты на величину, превышающую пятикратный размер диаметра, может привести к ее перекручиванию, то есть возникновения аварийной ситуации, требующей значительных трудозатрат при проведении ремонтных работ. Величину провисания определим по формуле [11]:

$$S = \int_{t_0}^t \frac{60v\delta_d \left(M_n - \varepsilon_p \left(I_d + I_{пт} + \sum \frac{I_{вт}}{i_{вт}^2} + \sum \frac{I_{ф}}{i_{ф}^2} \right) \right)}{\pi r_x^2 i_{вт} \left(I_d + I_{пт} + \sum \frac{I_{вт}}{i_{вт}^2} + \sum \frac{I_{ф}}{i_{ф}^2} \right)} dt.$$

После преобразований получим:

$$S = \frac{60v\delta_d (t - t_0) \left(M_n - \varepsilon_p \left(I_d + I_{пт} + \sum \frac{I_{вт}}{i_{вт}^2} + \sum \frac{I_{ф}}{i_{ф}^2} \right) \right)}{\pi r_x^2 i_{вт} \left(I_d + I_{пт} + \sum \frac{I_{вт}}{i_{вт}^2} + \sum \frac{I_{ф}}{i_{ф}^2} \right)}.$$

Полученные значения представлены на рис. 1.

Результат и обсуждение. Для устранения аварийной ситуации требуется создать постоянно действующее натяжение ленты, превышающее силу инерции катушки. Для этого силу инерции катушки следует определить по формуле [12]:

$$F_{и} = \frac{\pi n_d r_x m_k \delta_{вр}}{30 i_{вт}},$$

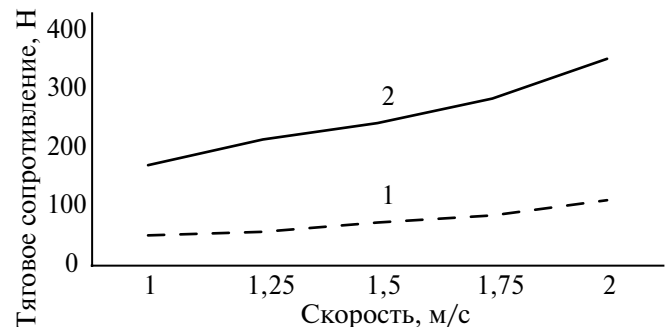


Рис. 2. Тяговые сопротивления, действующие на капельную ленту:
1 – сопротивление укладки F_p ;
2 – сопротивление инерции $F_{и}$

где m_k — масса катушки с лентой, кг;
 $\delta_{вр}$ — коэффициент учета вращающихся масс.

Численные значения растягивающих усилий представлены на рис. 2.

Этого можно добиться установкой постоянно действующего тормоза. Дальнейшими исследованиями следует убедиться, что создаваемое дополнительное растягивающее усилие не создаст деформаций в ленте. Для этого определим напряжения растяжения, возникающие в ленте:

$$\sigma_p = \frac{F_p + F_i}{\pi d_l a},$$

где d_l — диаметр капельной ленты, м; a — толщина ленты, м.

Производители выпускают капельную ленту толщиной 0,15...0,4 мм. Предпочтение отдается наиболее дешевым моделям, с толщиной ленты 015...0,25 мм. Более дорогие модели применяются редко, в основном для многолетнего использования, где позволяют климатические условия.

Параметры лент диаметром 16 мм приведены в таблице.

Исследовалась возможность ленты выдержать действие растягивающей нагрузки без изменения формы. Допускаемое напряжение растяжения для капельной ленты составляет 40 МПа. Результаты расчета приведены на рис. 3.

Как видно из графика, ленту с наименьшей толщиной стенки 0,15 мм можно использовать лишь при движении базового трактора на первой передаче, иначе с повышением скорости растягивающие усилия приведут к деформациям ленты и, возможно, потере ее прочности. Поэтому данный тип ленты лучше использовать для ручной укладки и, возможно, для машинной поверхностной укладки. Ленты с толщиной стенки 0,2...0,25 мм и более могут применяться для внутрипочвенной машинной укладки.

Выводы. Широкое внедрение капельного полива сдерживается низкой степенью механизации процесса укладки капельной ленты. Преимуществом подземной укладки капельной ленты является отсутствие потерь на испарение поливной воды, в жаркую погоду вода не нагревается до высоких температур. В почве лента занимает заданное положение, не деформируясь, что не создает дополнительных потерь напора.

Технические характеристики капельных лент

Производитель	Расстояние между капельницами, мм	Давление, МПа	Расход на капельницу, л/ч	Толщина стенки, мм
ООО «Виола»	100...600	0,03...0,1	1,2	0,15...0,2
«Новый век агротехнологий»	100...500	0,06...0,12	1,0...1,38	0,15...0,2
ООО «Углицкий завод полимеров»	200...500	0,06...0,16	1,6...2,6	0,15...0,4
НПО «Агрополимер»	100...500	0,05...0,15	0,64...2,0	0,15...0,25

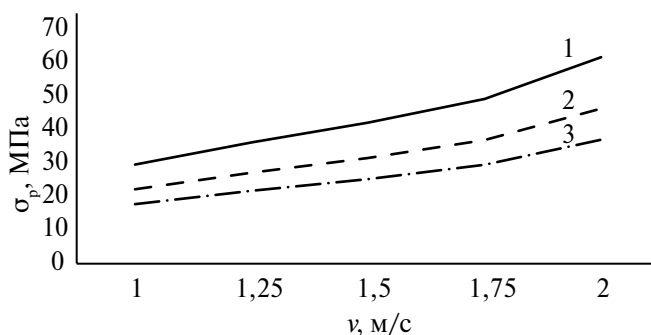


Рис. 3. Сопrotивления растяжения, действующие на капельную ленту в процессе механической укладки: 1 — 0,15 мм; 2 — 0,2 мм; 3 — 0,25 мм

Результатами исследования установлено, что для качественной укладки ленты необходимо поддержание ее постоянного натяжения для обеспечения качественной укладки ленты при колебаниях скорости машины или отсутствия перекручивания ленты при внезапном торможении или остановке машины. Поддержание постоянного натяжения ленты создает дополнительные растягивающие усилия, поэтому рекомендовано для подземной укладки использовать капельную ленту толщиной не менее 0,2 мм, использование ленты меньшей толщины может привести к изменению формы.

ЛИТЕРАТУРА

- Актуальные вопросы развития мелиоративной отрасли и использование водных ресурсов в АПК / В.Н. Шедрин, А.В. Колганов, Г.А. Сенчуков, В.Д. Гостищев // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 4. С. 8–11.
- Дубенок Н.Н., Ольгаренко Г.В., Калиниченко Р.В. Перспективы и общественная значимость развития мелиорации в Московской области // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 5. С. 6–11.
- Ольгаренко Г.В., Турапин С.С. Перспективы импортозамещения и разработки технических средств орошения для программы развития мелиорации в Российской Федерации // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 2. С. 35–39.
- Водный баланс зоны аэрации и расчетного слоя при орошении картофеля на дерново-подзолистых почвах / В.В. Пчелкин, В.О. Герасимов, О.М. Кузина, М.И. Новикова // Научная жизнь. 2018. № 10. С. 49–56.
- Апатенко А.С. Современные тенденции развития технического потенциала мелиорации земель // Вестник ФГОУ

ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2013. — № 2(58). С. 23–25.

6. Жалнин Э.В. О фундаментальности земледельческой механики // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2017. № 6(82). С. 10–14.

7. Абдулмажидов Х.А., Матвеев А.С. Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе Inventor Pro // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2016. № 2. С. 40–46.

8. Исследование эффективности и экономическая оценка применения разработанной картофелепосадочной машины / М.В. Карпов, Г.Е. Шардина, А.А. Жиздюк, А.Г. Шаповалов // Научная жизнь. 2018. № 3. С. 19–27.

9. Мартынова Н.Б. Капельное орошение картофеля с применением механизированной укладки капельной ленты // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 3. С. 26–30.

10. Патент на полезную модель № 208061 U1 Российская Федерация, МПК А01G 25/06. Устройство для укладки капельной ленты: № 2021128300: заявл. 28.09.2021: опубл. 01.12.2021 / А.Ю. Корнеев, В.И. Балабанов, Н.Б. Мартынова, Л.А. Журавлева.

11. Irrigation method and harvest time affect storage quality of two early-season, tablestock potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars / M.N. Makani, S.A. Sargent, L. Zotarelli, D.J. Huber, C.A. Sims // Scientia Horticulturae. 2015. № 197. P. 428–433.

12. Мартынова Н.Б., Корнеев А.Ю. Машина для укладки капельной ленты в картофельный гребень // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 2. С. 15–20.

REFERENCES

1. Aktual'ny'e voprosy` razvitiya meliorativnoj otrasli i ispol'zovanie vodny'x resursov v APK / V.N. Shhedrin, A.V. Kolganov, G.A. Senchukov, V.D. Gostishhev // Melioraciya i vodnoe khozyajstvo. 2021. № 4. S. 8–11.

2. Dubenok N. N. Perspektivy` i obshhestvennaya znachimost` razvitiya melioracii v Moskovskoj oblasti / N.N. Dubenok, G.V. Ol'garenko, R.V. Kalinichenko // Melioraciya i vodnoe khozyajstvo. 2022. № 5. S. 6–11.

3. Ol'garenko G.V. Perspektivy` importozameshheniya i razrabotki texnicheskix sredstv orosheniya dlya programmy` razvitiya melioracii v Rossijskoj Federacii / G.V. Ol'garenko, S.S. Turapin // Melioraciya i vodnoe khozyajstvo. 2016. № 2. S. 35–39.

4. Vodny'j balans zony` aе'racii i raschetnogo sloya pri oroshenii kartofelya na dernovo-podzolisty'x pochvax /

V.V. Pchelkin, V.O. Gerasimov, O.M. Kuzina, M.I. Novikova // Nauchnaya zhizn`. 2018. № 10. S. 49–56.

5. Apatenko A.S. Sovremenny'e tendencii razvitiya texnicheskogo potenciala melioracii zemel' // Vestnik FGOU VPO «Moskovskij gosudarstvenny'j agroinzhenerny'j universitet imeni V. P. Goryachkina». 2013. № 2(58). С.23–25.

6. Zhalnin E`.V. O fundamental'nosti zemledel'cheskoj mexaniki // Vestnik FGOU VPO «Moskovskij gosudarstvenny'j agroinzhenerny'j universitet imeni V. P. Goryachkina». 2017. № 6(82). С. 10–14.

7. Abdulmazhidov X.A. Kompleksnoe proektirovanie i prochnostny'e raschety` konstrukcij mashin prirodobustrojstva v sisteme Inventor Pro / X.A. Abdulmazhidov, A.S. Matveev // Vestnik FGOU VPO «Moskovskij gosudarstvenny'j agroinzhenerny'j universitet imeni V. P. Goryachkina». 2016. № 2. S. 40–46.

8. Issledovanie e`ffektivnosti i e`konomicheskaya ocenka primeneniya razrabotannoj kartofeleposadochnoj mashiny` / M.V. Karpov, G.E. Shardina, A.A. Zhizdyuk, A.G. Shapovalov // Nauchnaya zhizn`. 2018. № 3. S. 19–27.

9. Marty`nova, N.B. Kapel'noe oroshenie kartofelya s primeneniem mexanizirovannoj ukkladki kapel'noj lenty` // Melioraciya i vodnoe khozyajstvo. 2021. № 3. S. 26–30.

10. Patent na poleznuyu model' № 208061 U1 Rossijskaya Federaciya, MПК А01G 25/06. Ustrojstvo dlya ukkladki kapel'noj lenty`: № 2021128300: yayavl. 28.09.2021: opubl. 01.12.2021 / A.Yu. Korneev, V.I. Balabanov, N.B. Marty`nova, L.A. Zhuravleva.

11. Irrigation method and harvest time affect storage quality of two early-season, tablestock potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars / M.N. Makani, S.A. Sargent, L. Zotarelli, D.J. Huber, C.A. Sims // Scientia Horticulturae. 2015. № 197. P. 428–433.

12. Marty`nova N.B. Mashina dlya ukkladki kapel'noj lenty` v kartofel'ny'j greben' / N.B. Marty`nova, A.Yu. Korneev // Mezhdunarodny'j texniko-e`konomicheskij zhurnal. 2019. № 2. S. 15–20.

Мартынова Наталья Борисовна, канд. техн. наук, доцент; **Балабанов Виктор Иванович**, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ; **Михеев Павел Александрович**, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственного строительства и экспертизы объектов недвижимости (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева); **Карпов Михаил Вячеславович**, канд. техн. наук (Сельскохозяйственный техникум имени К.А. Тимирязева, Саратовская область).

УДК 626.824.004.94:626.86

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-3-28-36

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ДВОЙНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ



А.Л. КОЖАНОВ

Ключевые слова: мелиоративная система, двойное регулирование, моделирование, контур регулирования водный режим, водные ресурсы, регулирующая емкость.

Keywords: reclamation system, dual regulation, modeling, control loop, water regime, water re-sources, regulating capacity.

Аннотация. Целью исследований являлась разработка алгоритма моделирования режимов водоподдачи в контуре регулирования «Участок системы» на участках мелиоративных систем двойного регулирования для дальнейшей разработки программных или информационных средств. Объектом исследований являлся процесс водораспределения на мелиоративных системах двойного регулирования водного режима (МСДР). Информационное ядро работы составили положения по правилам водора-

спределения на мелиоративных системах и информационным технологиям на автоматизированные системы, методы обработки и систематизации информации. Для моделирования применена методика с выделением контуров регулирования, для которых применяют стандартные моделирующие средства и алгоритмы. В процессе исследований составлена моделируемая схема управления водораспределением на МСДР с регулирующей емкостью в контуре регулирования «Участок системы». Определены функции моделирования, такие как расчет режимов подачи воды, моделирование режимов забора, транспортирования и подачи водных ресурсов, расчет значений регулируемых уровней и их моделирование, а также моделирование сброса воды. На основании этого и определения исходной информации для моделирования разработан алгоритм моделирования распределения водных ресурсов на участке МСДР. Задачей моделирования в данном контуре «Участок системы» является установление режимов подачи водных ресурсов из регулирующей емкости или водоприемника-водоисточника несколькими группами регулирования «Группа водопотребителей». Разработанный алгоритм включает в себя три этапа: подготовка к моделированию, непосредственно само моделирование водораспределения и подведение итогов результатов моделирования.

Annotation. The purpose of the research was to develop an algorithm for modeling water supply modes in the control loop «System section» in areas of reclamation systems of dual regulation for further development of software or information tools. The object of research was the process of water distribution on reclamation systems of dual regulation of the water regime. The information core of the work consisted of provisions on the rules of water distribution on reclamation systems and information technologies for automated systems, methods of processing and systematization of information. For modeling, a technique is applied with the allocation of control circuits for which standard modeling tools and algorithms are used. In the course of the research, a simulated water distribution control scheme was compiled on the reclamation systems of dual regulation with a regulating capacity in the control loop «System Section». Modeling functions are defined, such as calculation of water supply modes, modeling of water intake, transportation and supply modes, calculation of values of regulated levels and their modeling, as well as modeling of water discharge. Based on this and the determination of the initial information for modeling, an algorithm for modeling the distribution of water resources on the reclamation systems of dual regulation site was developed. The task of modeling in this «System section» circuit is to establish the modes of water supply from a regulating tank or a water source receiver by several groups of regulation «A group of water consumers». The developed algorithm includes three stages: preparation for modeling, the modeling of water distribution itself and the maintenance of the results of modeling results.

Введение. Водораспределение на оросительных и системах двойного регулирования — это процесс транспортирования воды по разнообразным водоводам и в конечном итоге подача ее потребителям. При этом способом выдачи может

быть как нормированный, ненормированный, так и комбинированный [1].

Для нормированной подачи воды разрабатывают, с учетом плана водопользования, графики водоподдачи между водопотребителями, при этом учитывается и наличие водных ресурсов системы. Осуществление снабжения потребителей водой постоянно и без холостых сбросов достигается поддержанием определенного режима, что и является основной задачей управления водораспределением.

При этом в закрытых замкнутых трубопроводных системах данную задачу легко решить путем работы запорно-регулирующей аппаратуры и насосов, но вот на мелиоративных системах зачастую используются открытые распределительные водоводы, выполненные в виде лотков или каналов [2–4].

Управление водораспределением в различных каналах является сложной задачей в связи с тем, что в них незначительные скорости течения, при этом во многих оросительных (увлажнительных) частях систем, устраиваемых на различном рельефе, применяются сопрягающие каналы с разнообразными уклонами, а также встречаются неравномерно наполненные участки. Все это говорит о том, что для успешного водораспределения ручное управление практически невозможно, необходимо применять системы автоматизированного управления водораспределением, по возможности без прямого оперативного вмешательства эксплуатанта. При этом эксплуатант выполняет только функции настройки системы, обслуживанием и контроля над ее работой. При этом каналы разделяют перегородивающими сооружениями на участки, образующие так называемые бьефы канала [5–7].

В свою очередь в настоящее время происходит сильнейшее развитие компьютерных технологий, электронных гаджетов, все это позволяет выполнять многочисленные расчеты различных параметров и задач касательно мелиоративных систем и сооружений, в том числе проводить моделирование различных процессов и режимов работ [6–9]. При управлении водораспределением, как на оросительных, так и на системах двойного регулирования, расчет параметров вручную занимает большое количество времени и усилий. Чтобы снизить временные нагрузки необходимо упростить и ускорить процесс расчета параметров водораспределения с разработкой различных программ для ЭВМ. Разработкой различных программ для расчета многообразных параметров и режимов также занимаются и в зарубежных странах [10–11].

Управление водораспределением на мелиоративных системах двойного регулирования (МСДР), имеющих как осушительную, так и оросительную части и использующие свой же накопленный дренажный сток [12–14], является еще более непростой задачей, зависящей от большого числа факторов. В числе таких факторов является анализ большинства параметров, таких как расчет режимов подачи, расчет значений уровней, моделирование различных процессов (транспортирования, подачи, сброса и т. п.), причем имеющих не единичное количество вариантов решений [6–7, 15].

В процессе эксплуатации систем двойного регулирования реализация данных процессов требует наличие дорогостоящих программных средств доступных систем поддержки принятия решений. Для решения наиболее мелких задач или процессов более актуальным будет разработка более простых программ. Все это говорит о том, что, рассматривая процесс моделирования распределения водных ресурсов на всей системе, более логичным будет моделировать процесс распределения воды по отдельным контурам регулирования [6, 16]. В данной статье будет рассмотрен контур «участок системы».

Исходя из этого, целью настоящих исследований является разработка алгоритма моделирования режимов водоподдачи в контуре регулирования «Участок системы» на участках мелиоративных систем двойного регулирования с закрытым дренажем с машинным водоотводом и расположением регулирующей емкости (или водоприемника-водоисточника) на более высоких отметках для дальнейшей разработки программных или информационных средств, позволяющих проводить оперативное регулирование водными ресурсами системы.

Материалы и методы. Информационное ядро работы для моделирования режима водораспределения в контуре «Участок системы» составили положения по информационным технологиям на автоматизированные системы, методы обработки и систематизации информации, а также правилам водораспределения на мелиоративных системах.

Для моделирования применена методика с выделением контуров регулирования, для которых применяют стандартные моделирующие средства и алгоритмы. При разработке задач моделирования, которые применяются к выращиванию сельскохозяйственной продукции с использованием осушительных и оросительных мелиораций в качестве типового контура регулирования «Участок системы» могут быть приняты несколько се-

вооборотных участков. Данный контур регулирования включают в себя несколько контуров «Группа водопотребителей», представленных водопотребителями в виде мелиорируемых полей. Увлажнение (орошение) в данном случае ведется дождевальными машинами.

Результаты и обсуждение. В составе МСДР на различных ее участках могут использоваться многообразные принципы распределения и регулирования воды: с применением регулирующих емкостей, перетекающих объемов, регулирование по верхнему бьефу, по нижнему бьефу и т. п. На подавляющем числе оросительных и МСДР в качестве основной может использоваться схема регулирования водораспределения по верхнему бьефу. Исходя из этого, в настоящей работе в качестве примера, демонстрирующего подходы к моделированию в контуре регулирования «Участок системы», был определен условный участок с закрытым дренажем и открытой частью оросительной сети, на котором может применяться принцип регулирования по верхнему бьефу.

Моделируемая схема управления водораспределением по верхнему бьефу на МСДР, с регулирующей емкостью и открытой проводящей оросительной сетью, приведена на рис. 1.

Приведенная схема включает в себя:

- регулируемую емкость или водоприемник-водоисточник (в виде канала, водохранилища, пруда-накопителя, регулирующей емкости, бассейна регулирования и т. п.) для сбора стока и использования для увлажнения;
- водозаборное головное сооружение (ГС) (насосная станция), регулирующее подачу воду в систему из регулирующей емкости или водоприемника-водоисточника;
- сеть распределительных каналов (либо трубопроводов);
- регулирующие сооружения (РС), применяемые для поддержания заданных уровней воды;
- потребителей водных ресурсов (водопотребители);
- устьевое сбросное сооружение.

Моделирование режимов водораспределения на МСДР с использованием принципа регулирования по верхнему бьефу должно обеспечивать выполнение функций:

- определение (расчет) режимов подачи воды в оросительную часть системы;
- моделирование режимов забора из регулирующей емкости и подачи воды в оросительную часть системы в соответствии с техническими возможностями головного сооружения;

- моделирование режимов транспортирования воды по водораспределительной сети системы;

- расчет значений регулируемых уровней в верхних бьефах регулирующих сооружений системы;

- моделирование режимов поддержания заданных уровней воды в верхних регулирующих сооружениях системы;

- моделирование режимов подачи воды водопотребителям;

- моделирование режимов сброса воды из оросительной части системы или передачи ее другим водопотребителям, использующим другие принципы регулирования.

Для моделирования управления водораспределением на МСДР необходима информация:

- схема распределения водных ресурсов на МСДР;

- показатели головного водозабора: число насосных агрегатов n , ед.; их производительность $Q_{на}$, м³/с;

- значения уровней, поддерживаемых в верхних бьефах регулирующих сооружений $h_{вб}$, м.

- планируемые графики водопотребления водопользователями в контурах регулирования «Группа водопотребителей» и (или) «Водопотребители», включающие сроки начала $t_{нач}$, ч и окончания водопотребления $t_{кон}$, ч, расходы, забираемые водопотребителями $Q_{в/п}$, м³/с и интервал (промежуток) регулирования режимов водораспределения $\Delta t_{рег}$, ч.

На основе исходной информации и принципов водораспределения разработан алгоритм моделирования распределения водных ресурсов на участке МСДР, представленный на рис. 2.

В соответствии с разработанным алгоритмом управление водораспределением на участке МСДР с использованием регулирования по верхнему бьефу сводится к следующему.

Состав операций при подготовке к моделированию (группа блоков 1–3 «Подготовка к моделированию»):

1. Принимаются, регистрируются и вводятся данные показателей заявок от группы водопотребителей (водопользователей) $Q_{в/п,i}$, м³/с, на полный предполагаемый интервал моделирования t , ч (блок 1).

2. На основании полученных данных рассчитываются параметры плана распределения водных ресурсов на участке для головного сооружения $Q_{ГС}$, м³/с (блок 2). Расход ГС определяется как сумма расходов водопотребителей с учетом кпд оросительной части МСДР [17].

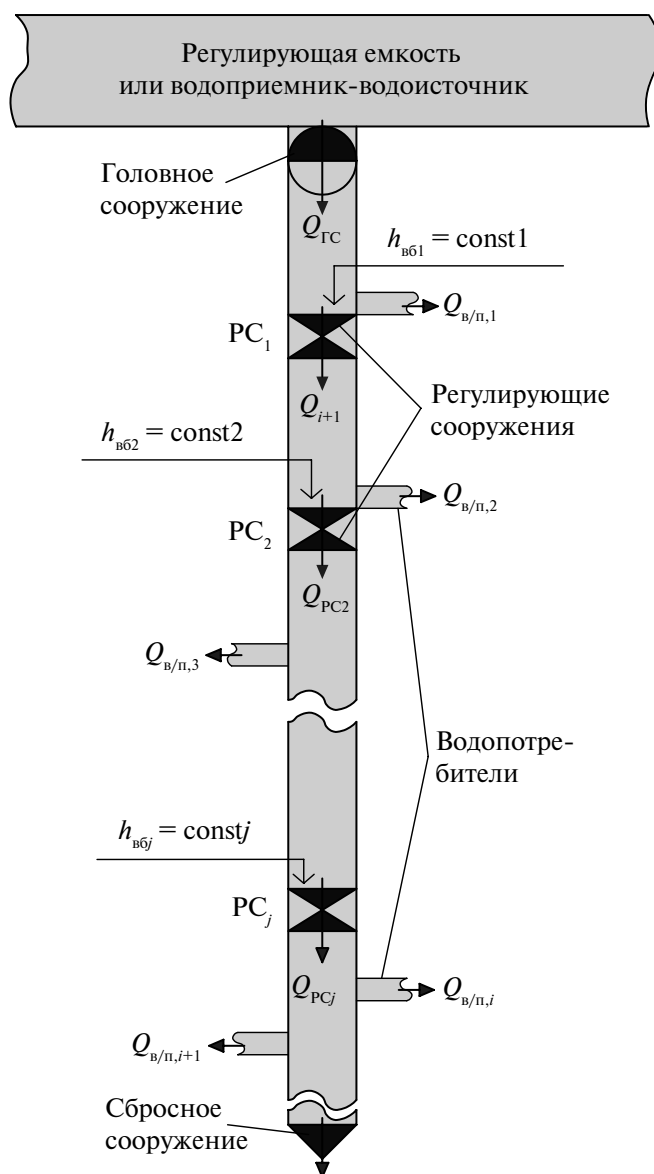


Рис. 1. Укрупненная схема управления водораспределением на МСДР в контуре регулирования «Участок системы»

3. Рассчитываются и (или) принимаются на основе имеющегося опыта уровни воды, которые нужно выдерживать в верхних бьефах РС (блок 3).

По окончании первых трех этапов приступают к самому процессу моделирования водораспределения (группа блоков 4–13 «Моделирование водораспределения»).

1. На основании полученных заявок от водопользователей, в настоящий интервал времени определяются режимы водоподдачи контуров регулирования «Группы водопотребителей» и «Водопотребители» (блок 4), а также режимы водоподдачи на ГС участка оросительной части СДМР, отталкиваясь от технических характеристик ГС и имитируя включение одного или нескольких

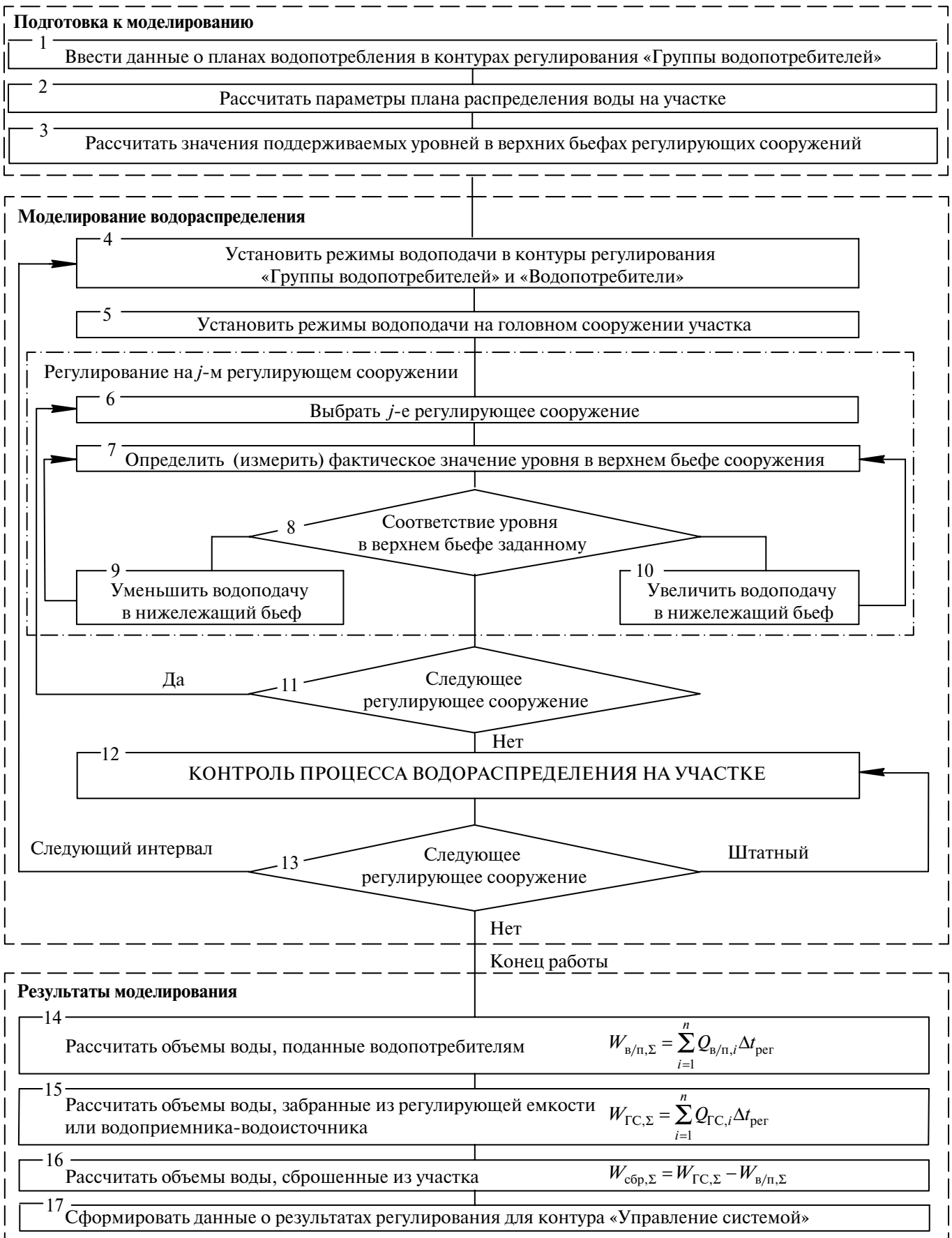


Рис. 2. Алгоритм моделирования режимов водоподачи в контуре регулирования «Участок системы» (распределительный канал)

насосных агрегатов, состоящий в расчете расхода, который фактически может подаваться в оросительную часть СДМР.

2. Поочередно выбирают все регулирующие сооружения (подгруппа блоков «Регулирование на j -м регулирующем сооружении», блок б) и для них производится регулирование уровня воды в верхнем бьефе. Проводится это следующим образом:

- устанавливается значение фактического уровня в верхнем бьефе отобранного сооружения $h_{вб, факт}$, м, (блок 7).

- определяют отклонение фактического уровня от заданного, м: $\Delta h_{вб, i} = h_{вб, факт} - h_{вб, зад}$ (блок 8).

3. Тем временем одновременно с данными операциями производится или снижение объема подачи воды нижний бьеф (блок 9), или увеличение объема подачи воды в нижний бьеф (блок 10), если фактический уровень оказывается ниже или выше заданного уровня соответственно, что способствует восстановлению появившихся нестыковок (рассогласований).

После выполнения данных операций переходим опять к блоку 7 и проводим дальнейшее регулирование до того момента, пока в верхнем бьефе регулирующего сооружения баланс установится на уровне нуля, т. е. $\Delta h_{вб, i} = 0$.

В итоге получения баланса на регулирующем сооружении совершается переход к регулированию на следующем $j + 1$ регулирующем сооружении (блоки 11 и б).

4. По завершении регулирования работы всех сооружений необходимо провести контроль процесса водораспределения на участке регулирования в границах установленного временного интервала регулирования $\Delta t_{рег}$, ч, что отображено в блоках 12 и 13. При этом не производится оперативного вмешательства в данный процесс распределения водных ресурсов.

5. При завершении установленного временного интервала регулирования $\Delta t_{рег}$, ч, осуществляется процесс записи (сохранения) результатов и совершается переход к блоку 4 с установлением временного интервала регулирования $\Delta t_{рег + 1}$, ч и весь процесс моделирования осуществляется заново по всем блокам алгоритма 5–13.

6. По завершении моделирования на всех установленных интервалах регулирования осуществляется процесс подведения результатов моделирования (группа блоков «Результаты моделирования»).

На данном этапе проводятся расчеты суммарных объемов воды в m^3 , забранные (поданные) водопользователями (водопотребителям) (блок 14)

[16], суммарных объемов воды, забранные из регулирующей емкости или водоприемника-водоисточника и поданные в систему (блок 15) [16] и суммарных объемов, сброшенных с участка регулирования, либо переданные на нижерасположенные ярусы системы (блок 16).

На окончательном этапе (блок 17) формируются данные о результатах моделирования (регулирования для контура «Участок системы») для обеспечения возможности их использования на более высоких уровнях управления водораспределение на МСДР (контур регулирования «Система»).

Для визуальной оценки обстановки на системе при моделировании возможно отображение графиков заявок потребителей-водопользователей объемов подачи воды на участок за установленный интервал времени для моделирования в виде пиктограмм, а также отражение мнемосхемы распределительной оросительной части МСДР, которая показывает интерактивное состояние параметров распределения водных ресурсов на участке регулирования (рис. 3).

Кроме этого, результатами моделирования являются количественные и временные показатели:

- графики забора (подачи) воды на участок;
- графики подачи воды водопотребителям в соответствии с поданными ими заявками на водоподачу;
- рекомендуемые (оптимальные) режимы работы сооружений и оборудования участка системы;
- предупреждения о возможности возникновения аварийных и нестандартных ситуаций и т. п.

Для разработки программного обеспечения можно предложить следующий состав главной экранной формы программы моделирования режимов водоподдачи в контуре регулирования «Участок системы» на МСДР. Блок ввода исходной информации, включающий заявки водопотребителей по интервалам регулирования с указанием расходов, характеристики насосных станций. Ниже расчет суммарного забора воды с графическим отображением расчетных значений. Обязательно необходимо разместить мнемосхему распределительной сети с визуальным отображением расходов водопотребителей и уровней на регулирующих сооружениях.

Основным элементом окна пульта диспетчера, в котором отображаются ячейки выбора интервала регулирования, выводятся данные расходов водопотребителей, режимы работы насосных агрегатов (станций) и центральным узлом управления регулирующими сооружениями. В данном узле не-

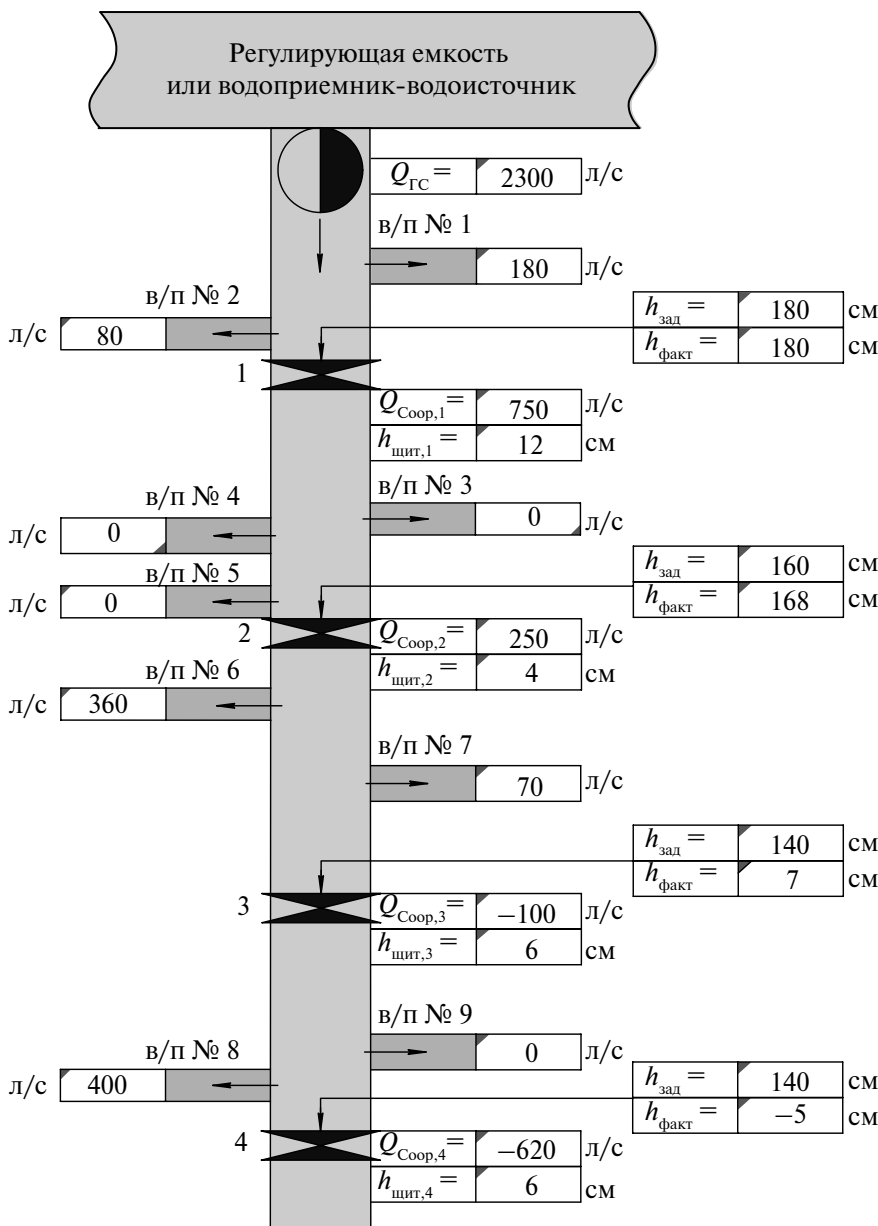


Рис. 3. Пример интерактивной мнемосхемы участка

обходимо размещение ячеек по каждому сооружению, в которых происходит управление уровнями воды (заданным и фактическим), расходом и управления открытием и закрытием щитами.

Выводы. Одним из вопросов на мелиоративных системах двойного регулирования является процесс транспортирования воды по разнообразным водоводам (каналам, лоткам, трубопроводам), а также его нормирование. Управление этим процессом является одним из наиболее трудоемких процессов и говорит о том, что для успешного водораспределения ручное управление практически невозможно, необходимо применять системы автоматизированного управления водораспределением, по возможности без прямого оперативного вмешательства человека.

При этом чтобы снизить нагрузки необходимо упростить и ускорить процесс расчета параметров водораспределения с разработкой различных программ для ЭВМ. Для этого необходима разработка алгоритмов и моделирование данного процесса. Для облегчения процесса моделирования распределения водных ресурсов на всей системе более логичным принято распределение воды по отдельным контурам регулирования.

Задачей моделирования в контуре «Участок системы» является установление режимов подачи водных ресурсов из регулирующей емкости или водоприемника-водоисточника несколькими группами регулирования «Группа водопотребителей», представленных водопотребителями в виде мелиорируемых полей. Увлажнение (орошение) в данном случае ведется дождевальными машинами.

Разработанный алгоритм моделирования режимов водоподдачи в контуре регулирования «Участок системы» включает в себя три этапа:

- подготовка к моделированию, включающий в себя введение данных о планах водопотребления в контурах регулирования «Группы водопотребителей», расчеты параметров планов распределения водных ресурсов и значенный поддерживаемых уровней;
- непосредственно само моделирование водораспределения, включающее в себя установление режимов подачи водных ресурсов в контуры «Водопотребители» и «Группы водопотребителей», а также на головном сооружении и регулирование на регулирующих сооружениях. Регулирование на сооружениях МСДР заключается в последовательном выборе всех регулирующих сооружений и определении или измерении фактических значений уровней и их анализа и сравнения заданным данным. На данном этапе также проводится контроль процесса водораспределения;
- подведение итогов результатов моделирования, включающее показатели расчета объема воды, поданного водопотребителям, объема воды

забранного из регулирующей емкости ил водоприемника-водоисточника, объемы воды, сброшенные из регулируемого участка системы и само формирование данных о результатах регулирования для следующего контура «Управление системой» на МСДР.

Заключение. Разработанный алгоритм процесса моделирования распределения водных ресурсов для контура «Участок системы» дает возможность в режиме реального времени осуществлять регулирование режимами подачи водных ресурсов из водоприемника-водоисточника или регулирующей емкости через головное водозаборное сооружение за счет управления уровнями воды в обстоятельствах оперативно изменяющихся режимов потребления водных ресурсов в контурах регулирования «Группа водопотребителей» и «Водопотребители» с минимизацией сбросов воды для ее рационального использования на МСДР. Представленный алгоритм позволяет разработать программный продукт, востребованный при эксплуатации МСДР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сенчуков Г.А. Ландшафтно-экологические и организационно-хозяйственные аспекты обоснования водных мелиораций земель. Новочеркасск, 2001. 354 с.
2. Злодеев Ю.Г., Ялалова Г.Х. Опытная эксплуатация цифровой технологии поддержки управления водораспределением на орошении // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 4(72). С. 12–19.
3. Моделирование водного режима почв на полях мелиоративных систем двойного регулирования / В.Н. Щедрин, В.И. Коржов, А.Л. Кожанов, В.Б. Черемисова // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12. № 1. С. 1–17. URL: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1257-field12.pdf. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-1-17.
4. Кожанов А.Л. Моделирование режимов распределения водных ресурсов мелиоративных систем двойного регулирования в контуре «группа водопотребителей» // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 3. С. 31–35. DOI: 10.32962/0235-2524-2022-3-31-36.
5. Мобильные средства поддержки управления водораспределением для условий реальной эксплуатации оросительной системы / В.И. Коржов, О.В. Сорокина, Г.О. Матвиенко, И.В. Коржов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 4(32). С. 38–59. URL: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec952-field12.pdf. DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-38-59.
6. Особенности моделирования распределения водных ресурсов на системах двойного регулирования водного режима почв / В.Н. Щедрин, А.Л. Кожанов, В.И. Коржов, И.В. Коржов // Мелиорация и водное хозяйство. № 3. 2022. С. 31–35. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-6-38-43.
7. Вариант имитационного моделирования водораспределения по контурам регулирования / В.И. Коржов, О.В. Сорокина, Т.В. Коржова, Г.О. Матвиенко // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель юга России: материалы Всероссийской научно-практической кон-

ференции (Шумаковские чтения). Вып. 15. Ч. I. Новочеркасск, 2017. С. 85–92.

8. Методические положения по обоснованию количественных характеристик элементов водного баланса при регулировании режимов влажности почвы на осушительно-увлажнительных системах / С.А. Меньшикова, В.П. Максименко, А.В. Евграфов, Т.Л. Волчкова // Сбор. науч. трудов «Основные результаты научных исследований института за 2018 год». М., 2019. С. 215–221.

9. Кожанов А.Л. Конструктивные схемы энергосберегающих осушительных систем двойного регулирования водного режима // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1(73). С. 27–34.

10. Palau C.V., Arviza J., Balbaste I., Manzano J. DIMSUB, a computer program for designing microirrigation subunits. Tool definition and case studies // SCIENTIA AGRICOLA. 2020. Vol. 77. № 3. 8 p. DOI: 10.1590/1678-992X-2018-0184.

11. Carrión F., Montero J., Tarjuelo J.M., Moreno M.A. Design of Sprinkler Irrigation Subunit of Minimum Cost with Proper Operation. Application at Corn Crop in Spain // Water Resources Management. 2014. № 14. Vol. 28. P. 5073–5089. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0793-x>.

12. Возможности реализации рециклинга на осушительно-увлажнительных системах гумидной зоны / В.П. Максименко, Е.Б. Стрельбицкая, А.П. Соломина, Н.В. Айриян // Природообустройство. 2016. № 2. С. 87–94.

13. Найденов С.В., Домашенко Ю.Е., Васильев С.М. Обзор водооборотных систем на основе гидромелиоративного рециклинга // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 2(30). С. 95–111. URL: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec548-field6.pdf.

14. Кожанов А.Л. Обзор осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием возобновляемых природных ресурсов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2(38). С. 105–123. DOI 10.31774/2222-1816-2020-2---123.

15. Юрченко И.Ф., Трунин В.В. Методология и компьютерная технология поддержки решений при оперативном управлении водораспределением на межхозяйственных оросительных системах // Мелиорация и водное хозяйство. 2012. № 2. С. 6–10.

16. Рогачев Д.А., Юрченко И.Ф. Моделирование и оптимизация системного водораспределения в условиях дефицита водных ресурсов // International agricultural journal. 2022. № 5. С. 474–491. DOI: 10.55186/25876740_2022_6_5_31.

17. Коржов В.И., Белоусов А.А. Средства имитационного моделирования режимов водозабора и водораспределения на оросительной системе при использовании схемы регулирования по верхнему бьефу // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1(73). С. 132–138.

REFERENCES

1. Senchukov G.A. Landscape-ecological and organizational-economic aspects of substantiation of water land reclamation. Novocherkassk, 2001. 354 p.
2. Villains Yu.G., Yalalova G. H. Experimental operation of digital technology to support water distribution management in irrigation // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2018. No. 4(72). Pp. 12–19.
3. Shchedrin V.N., Korzhov V.I., Kozhanov A.L., Cheremisova V.B. Modeling of the water regime of soils in the fields of reclamation systems of double regulation // Land reclamation and hydraulic engineering. [electronic resource]. 2022. Vol. 12. № 1. Pp. 1–17. URL: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1257-field12.pdf. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-1-17.

4. Kozhanov A.L. Modeling of modes of distribution of water resources of reclamation systems of dual regulation in the contour «group of water consumers» // Melioration and water management. 2022. № 3. Pp. 31–35. DOI: 10.32962/0235-2524-2022-3-31-36.

5. Korzhov V.I., Sorokina O.V., Matvienko G.O., Korzhov I.V. Mobile means of water distribution management support for conditions of real irrigation system operation // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems [Electronic resource]. 2018. № 4(32). Pp. 38–59. URL: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec952-field12.pdf. DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-38-59.

6. Shchedrin V.N., Kozhanov A.L., Korzhov V.I., Korzhov I.V. Features of modeling the distribution of water resources on systems of dual regulation of the water regime of soils // Melioration and water management. 2022. № 3. Pp. 31–35. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-6-38-43.

7. Korzhov V.I., Sorokina O.V., Korzhova T.V., Matvienko G.O. A variant of simulation modeling of water distribution by control circuits // Land reclamation and water management. Ways to improve the efficiency and environmental safety of land reclamation in the South of Russia. Novocherkassk. 2017. Issue 15. Part I. Pp. 85–92.

8. Menshikova S.A., Maksimenko V.P., Evgrafov A.V., Volchkova T.L. Methodological provisions on substantiation of quantitative characteristics of water balance elements when regulating soil moisture regimes on drainage and humidification systems // Collection of scientific papers: The main results of scientific research of the Institute for 2018. M., 2019. Pp. 215–221.

9. Kozhanov A.L. Constructive schemes of energy-saving drainage systems of double regulation of the water regime // Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture. 2019. № 1(73). Pp. 27–34.

10. Palau C.V., Arviza J., Balbastre I., Manzano J. DIMSUB, a computer program for designing microirrigation subunits. Tool definition and case studies // SCIENTIA AGRICOLA. 2020. Vol. 77. № 3. 8 p. DOI: 10.1590/1678-992X-2018-0184.

11. Carrión F., Montero J., Tarjuelo J. M., Moreno M.A. Design of Sprinkler Irrigation Subunit of Minimum Cost with Proper Operation. Application at Corn Crop in Spain // Water Resources Management. 2014. № 14. Vol. 28. Pp. 5073–5089. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0793-x>.

12. Maksimenko V.P., Strelbitskaya E.B., Solomina A.P., Airiyan N.V. Possibilities of recycling implementation on drying and humidifying systems of the humid zone // Nature management. 2016. № 2. Pp. 87–94.

13. Naidenov S.V., Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M. Review of water circulation systems based on hydro-reclamation recycling // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of Land Reclamation [Electronic resource]. 2018. № 2(30). Pp. 95–111. URL: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec548-field6.pdf.

14. Kozhanov A.L. Review of dehumidification and humidification systems with maximum use of renewable natural resources // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of Land Reclamation. 2020. No. 2(38). pp. 105–123. DOI 10.31774/2222-1816-2020-2-105-123.

15. Yurchenko I.F., Trunin V.V. Methodology and computer technology of decision support in operational management of water distribution on inter-household irrigation systems // Melioration and water management. 2012. № 2. Pp. 6–10.

16. Rogachev D.A., Yurchenko I.F. Modeling and optimization of system water distribution in conditions of water scarcity // International agricultural journal. 2022. № 5. Pp. 474–491. DOI: 10.55186/25876740_2022_6_5_31.

17. Korzhov V.I., Belousov A.A. Means of simulation modeling of water intake and water distribution regimes in the irrigation system when using the upstream control scheme // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2019. № 1(73). Pp. 132–138.

Кожанов Антон Леонидович, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник сектора нормативно-методического обеспечения, AntonKozhanov1983@yandex.ru (Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск).

УДК 626.824

DOI: 10.32962/0235-2524-2024-3-36-42

ОПЕРАТИВНОЕ ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ В ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПО РАСЧЕТНОМУ ПРИРАЩЕНИЮ ОБЪЕМОВ

В.И. ОЛЬГАРЕНКО, И.В. ОЛЬГАРЕНКО, В.И. ОЛЬГАРЕНКО, И.В. КОРЖОВ

Ключевые слова: теория подобия, имитационный эксперимент, типизация условий течения, критерии подобия, водораспределение, перерегулирование уровней, диспетчерское управление, динамическая резервная емкость, оросительная система.

Keywords: similarity theory, simulation experiment, typification of flow conditions, similarity criteria, water distribution, level re-regulation, dispatch control, dynamic reserve capacity, irrigation system.

Аннотация. Цель: усовершенствовать методический подход по разработке алгоритма оперативного диспетчерского управления водораспределением по расчетному приращению объемов воды в оросительных каналах. Материалы и методы: описывается методология диспетчерского управления, которая основывается на типизации

условий течения между двумя перегораживающими сооружениями в техническом и функциональном направлениях, а также на разработке систем унификации каналов и их режимов с использованием методов теории подобия, которые находят широкое применение в гидромеханике и гидравлике. В основу реализации теории подобия заложен принцип использования чисел подобия, то есть комбинаций безразмерных параметров, определяющих характеристику неустановившегося движения тяжелой, несжимаемой, вязкой жидкости в каналах. Результаты: определены общие задачи диспетчера по перерегулированию гидравлического режима участков оросительной системы, не привязывая их к конкретным типам ГТС. Обоснованы основные положения метода диспетчерского управления водораспределением по расчетному приращению объемов, определение времени перерегулирования

между основным и компенсирующим процессами перерегулирования. Определены четыре типа ситуаций при решении диспетчерских задач водораспределения, которые определяются сравнением объемов и расходов, устанавливаемых на участке, для каждого из которых определяется присущий ему порядок перерегулирования. Вывод: в статье изложен новый методический подход, обеспечивающий совместное использование метода теории подобия и имитационного эксперимента с уравнениями Сен-Венана для установившегося и неустановившегося течения воды в каналах оросительных систем, для решения задач оперативного диспетчерского управления водораспределением по расчетному приращению объемов.

Annotation. Goal: to improve the methodological approach to developing an algorithm for operational dispatch control of water distribution based on the calculated increment of water volumes in irrigation canals. Materials and methods: the dispatch control methodology is described, which is based on the typification of flow conditions between two partitioning structures in technical and functional directions, as well as on the development of systems for unifying channels and their modes using similarity theory methods, which are widely used in hydromechanics and hydraulics. The basis for the implementation of the similarity theory is the principle of using similarity numbers, that is, combinations of dimensionless parameters that determine the characteristics of the unsteady motion of a heavy, incompressible, viscous fluid in channels. Results: the general tasks of the dispatcher were determined to re-regulate the hydraulic regime of sections of the irrigation system, without tying them to specific types of hydraulic structures. The main provisions of the method of dispatch control of water distribution based on the calculated increment of volumes, determination of the time of re-regulation between the main and compensating processes of re-regulation are substantiated. Four types of situations are identified when solving dispatch problems of water distribution, which are determined by comparing the volumes and flow rates installed on the site, for each of which the inherent re-regulation order is determined. Conclusion: the article outlines a new methodological approach that ensures the joint use of the method of similarity theory and a simulation experiment with the Saint-Venant equations for steady and unsteady water flow in the canals of irrigation systems, to solve problems of operational dispatch control of water distribution according to the calculated increment of volumes.

Введение. Рациональное использование водных ресурсов на оросительных системах зависит от большого количества факторов и, прежде всего, от научно обоснованной организации диспетчерской службы [1]. Оросительная система располагает большим количеством хозяйственных водовыделов, которые должны регулярно получать оросительную воду в соответствии с заданным объемом и в определенные сроки. Обычно межхозяйственная сеть имеет большую протяженность и разбивается на участки, отделяемые друг от друга подпорными перегораживающими сооружениями. Таким образом, управление водораспределением диспетчер осуществляет с помо-

щью регулирующих сооружений и созданием командных подпоров на межхозяйственных каналах. Даже в том случае, если потребности хозяйств-водопользователей известны точно, диспетчер должен учесть обстановку на системе, составить оперативный план, предусмотреть на каждом участке командный уровень, избежать перелива воды через дамбы. Кроме того, чем крупнее система, тем больше ее инерционность, поэтому диспетчер должен произвести перерегулирование на головном водозаборе и перегораживающих сооружениях заранее, и знать эту заблаговременность [2].

В действительности сложность диспетчерских функций еще выше, так как реальные запросы водопользователей могут меняться за время значительно меньшее, чем инерционность системы, и существенно отклоняться от плановых показателей. Сложность задач водораспределения рассматривается как обоснование для разработки и внедрения различных систем автоматического или автоматизированного управления от локальной гидроавтоматики до АСУ ТП [3].

Оросительные системы, на которых применяется оперативное управление водораспределением, могут быть разделены на три категории: системы, которые контролируются вручную; системы, которые управляются с использованием телемеханики из центрального диспетчерского пункта; системы, которые управляются с помощью автоматизированной системы управления технологическим процессом водораспределения.

Разделение способов регулирования на три, в некоторой степени, условно, так как оно подчеркивает только основные сложившиеся тенденции. В процессе производственной деятельности диспетчерской службы возникают ситуации, когда приходится переходить от одного способа к другому.

Распределение воды по второму способу опирается на неукоснительное соблюдение плана водопользования оросительной системы. Этот способ водораспределения является основой планового водопользования, однако его применение требует более высокой организации эксплуатационной службы. Сравнительный анализ способов показывает, что первый является самым расточительным с точки зрения бережного отношения к водным ресурсам, не гарантирует высоких урожаев, создает опасность ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель. Второй способ более экономичен, так как распределяет воду по декадам в соответствии со средними (ожидаемыми) потребностями в воде. Результаты получаются тем лучше, чем ближе сложившиеся погодные условия соответствуют к принятым в плане. Он имеет опреде-

ленные недостатки, что определяет необходимость его дальнейшего совершенствования с использованием информационных технологий.

Материалы и методы. Одним из ключевых аспектов эффективного управления водораспределением является минимизация непродуктивных потерь воды, особенно в условиях дефицита водных ресурсов. Методология управления основывается на типизации условий течения и унификации каналов с использованием методов гидромеханики и гидравлики. Это обеспечивает оптимальное функционирование системы оросительных каналов и улучшает качество водораспределения. Для эффективного управления требуется научный и практический подход, разработка конкретных правил и учет всех аспектов сферы. Оптимизация использования ресурсов осуществляется с помощью методов теории подобия и унификации каналов [4].

Принцип применения чисел подобия позволяет реализовать метод теории подобия при сочетании безразмерных факторов, которые определяют параметры движения тяжелой, несжимаемой и вязкой жидкости в каналах. Среди этих чисел подобия: числа Фруда, Эйлера, Рейнольдса и Струхала. Если значения этих параметров можно предварительно определить, они могут быть использованы в качестве критериев подобия [5].

Анализ позволяет сделать вывод, что управление распределением воды может быть автоматизировано с использованием средств вычислительной техники. В данном случае существуют два варианта. Первый вариант предусматривает использование ЭВМ непосредственно в процессе управления без участия диспетчера. В этом случае программы расчета становятся сложными и требуют высокой надежности в работе.

Второй вариант заключается в возможности использования электронно-вычислительных машин, при этом окончательное решение остается в полном ведении диспетчера. В обоих вариантах основной метод оперативного управления сводится к разработке оперативных водных балансов или решению уравнений Сен-Венана [6].

При решении данной проблемы огромное значение имеет регулярность подачи заявок на воду, которая негативно сказывается на функционировании оросительной сети и вызывает необходимость постоянного корректирования уровней, а, следовательно, и дополнительных расходов. Это представляет сложную задачу для диспетчерского управления и требует существования специального алгоритма, который должен отвечать ряду требований. Прежде всего, такой алгоритм должен

включать всю информацию, зависящую от качества процесса водораспределения, то есть данные о положении уровней в верхних и нижних точках перегоронок и объеме проходящей через них воды. Кроме того, он должен быть достаточно простым, чтобы позволить диспетчеру рассчитывать корректировку на каждом шаге за меньшее время, чем полный цикл данной процедуры. И, наконец, этот алгоритм должен быть доступен диспетчеру со средней квалификацией, максимально надежным и точно воспроизводить водохозяйственную ситуацию в системе с заданной точностью [7].

Разработка оперативного диспетчерского управления была основана на алгоритме, разработанном институтом гидродинамики Советского Союза и успешно опробованном в ВЦ ЮжНИИГиМа. Результаты исследования работы диспетчерской службы на объектах оросительных систем подтверждают, что диспетчеры оперируют ограниченным набором стандартных процедур, связанных с манипуляциями на различных сооружениях, имеющих разнообразные конструктивные решения. Теория управления требует классификации водораспределительных сооружений с учетом их функциональных особенностей и местоположения. В связи с этим, данный участок оросительной сети должен быть отнесен к категории «особая точка» и оборудован соответствующими средствами для водоучета [8].

Гидротехнические сооружения по своим функциональным свойствам можно разделить на четыре группы: первая – сопрягающие насосные станции связывают нижние и верхние бьефы каналов, обеспечивая подпорное течение и равномерный поток воды; вторая – гидротехнические сооружения, размещенные в русле канала, имеют способность формировать подпорный режим и обеспечивать стабильный регулируемый поток через водовыделы, что позволяет управлять водораспределением; третья – регулируемые водовыделы которые обеспечивают поступление воды в каналы низшего порядка самотечным образом; четвертая – боковые водовыделы, оборудованные насосными станциями.

Классификация особых точек предполагает неизолированное рассмотрение гидротехнических сооружений в связи с конкретным каналом, где планируется провести регулирование.

При осуществлении диспетчерского водораспределения требуется изучение отдельных участков каналов, где присутствуют особые точки. Такие точки обладают способностью обеспечивать автономное регулирование и определение задач для диспетчера [9, 10]. Путем применения раз-

личных комбинаций таких особых точек были выделены четыре типа характерных элементарных участков, которые представлены на рис. 1.

При определении особенных элементарных участков в условиях производства, их количество может возрастать в зависимости от разнообразных комбинаций особых точек [11].

Для всех типов участков можно записать одно общее балансовое соотношение:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = Q_{\text{л}} - Q_{\text{пр}} - \sum_{i=1}^n q_i - Q_s,$$

где $Q_{\text{пр}}$, $Q_{\text{л}}$ – расходы через левое и правое сооружение, м³/с; ΔV – объем воды между левым и правым сооружением, м³; q_i – расходы через боковые водовыделы м³/с; Q_s – суммарные потери на участке на испарение и фильтрацию, м³; $i = 1 - n$ – номера боковых водовыделов.

Результаты и обсуждение. Скорость регулирования гидротехнических сооружений определяется их паспортными характеристиками и не может превышать определенного критического значения. Тем не менее, время на само перерегулирование остается значительно меньшим, чем время между циклами перерегулирования. Значения дополнительных попусков устанавливаются в соответствии с применимыми рекомендациями [12]. При формулировке задач предполагается, что изменение уровней и расходов должно соответствовать определенным ограничениям, возникаю-

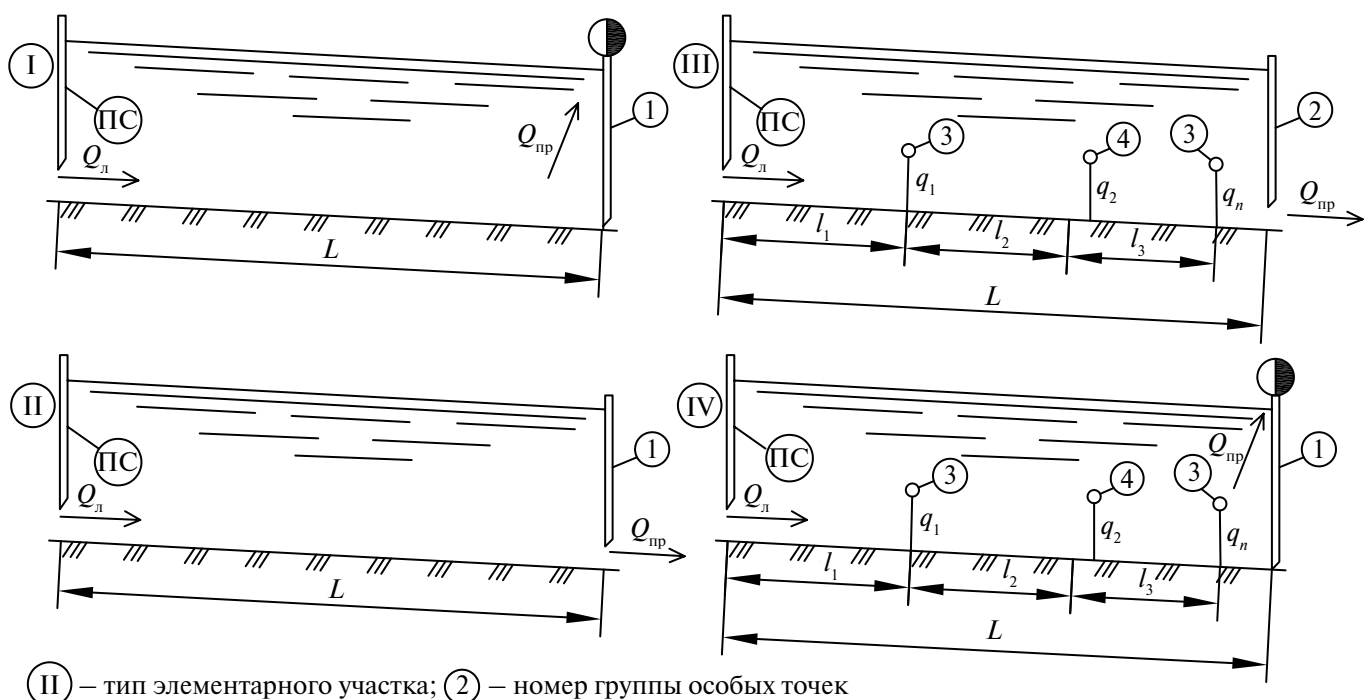
щим в конкретных условиях [13]. Нижний предел изменения уровней определяется нормальной глубиной, а верхний предел – высотой дамбы канала. Необходимо установить момент времени t , когда произойдет изменение расхода, и величину этого изменения в переходном периоде. Также требуется определить момент времени $T + t$, когда произойдет дополнительное перерегулирование. В данной задаче эти значения играют основную роль. Момент времени T , когда происходит основное перерегулирование, а также требуемый расход $Q_{\text{л}}$ определяются планом водопользования [15]. Это время определяется на основе соответствующей зависимости:

$$t = \frac{|\Delta V|}{|\Delta Q_p|},$$

где ΔV – приращение (сокращение) объема воды между двумя установившимися уровнями; ΔQ_p – вводимый диспетчером разбаланс расходов.

Возникает два возможных сценария работы диспетчера: в первом случае диспетчер самостоятельно определяет разницу в расходах и затем использует соответствующий метод, чтобы определить время для корректировки; во втором случае, используя известное время для корректировки, диспетчер определяет максимально допустимую разницу в расходах.

При осуществлении диспетчерского управления водораспределением необходимо тщательно



Ⓜ – тип элементарного участка; ② – номер группы особых точек

Рис. 1. Типы элементарных участков

анализировать технические ситуации, связанные с изменением уровней свободной поверхности воды в двух различных состояниях: до основного перерегулирования и после проведения компенсирующего перерегулирования. При выполнении задач диспетчеров можно выделить четыре типа ситуаций, в обоих режимах: до основного перерегулирования (I), и после компенсирующего перерегулирования (II). Каждый из этих режимов требует своего порядка перерегулирования.

Для проведения необходимых вычислений необходимо использовать следующие обозначения: $Q_{л1}$, $Q_{пр1}$, Σq_1 , V_1 , которые соответствуют расходам через левое сооружение, расходам через правое сооружение, величине расходов водовыделов и объему воды на участке для I режима соответственно. Также необходимо ввести обозначения $Q_{л2}$, $Q_{пр2}$, Σq_2 , V_2 – соответственно, для II режима; k_p – допустимый коэффициент разбаланса.

Тогда задачи диспетчера для каждого типа перерегулирования можно представить в виде таблицы.

Разработка авторами компьютерных программ в этом направлении обеспечила решение ряда задач оперативного управления водораспределением [15, 16]. С помощью компьютерной программы «Лотра» была рассчитана база данных стационарных режимов течения воды для элементарных участков по Донскому магистральному каналу и подкомандных ему магистральных межхозяйственных каналов Донской оросительной системы Ростовской области.

Проведен расчет спектров стационарных режимов движения воды в оросительных каналах по элементарным участкам, учитывая заданный расход и набор глубин в конечном створе каждого участка. Результаты расчетов программы позволяют полноценно оценить характер стационарных режимов для изучаемого объекта, а также объемы воды на участках, соответствующие спектру стационарных течений.

Компьютерная программа «ВодораспределениеОС» является имитационной моделью для управления процессом водораспределения. Она представляет собой систему, которая численно реализует оперативное диспетчерское регули-

рование в циклах. Ее главная задача заключается в обеспечении потребностей в оросительной воде, которые постоянно поступают от водопользователей. На основе этих запросов формируется обширный массив запросов на воду, привязанных к конкретным участкам (рис. 2).

Программа эмулирует процесс течения в каналах при осуществлении диспетчерского управления на основе расчетного приращения объемов, как показано на рис. 3. Такой подход позволяет приблизить управление к оптимальному состоянию, обеспечивая максимальное удовлетворение потребностей и минимальные потери из-за нецелевых сбросов.

В результате проведенного научного исследования за счет средств Федерального бюджета, проводившегося на Донском магистральном канале и зарегистрированного в ЕГИСУ НИОКТР № АААА-А20-120041490030-2 разработаны «Методические рекомендации по оперативному диспетчерскому управлению водораспределением в оросительных системах на основе использования информационных технологий».

Методические рекомендации направлены на оптимизацию диспетчерского управления водораспределением с использованием метода расчетного приращения объемов. Они ставят перед собой задачу установления последовательности перехода от одного режима в каналах к другому, в условиях циклического процесса. Для достижения всех вышеуказанных задач требуется оптимальное управление распределением воды на высшем научном и методическом уровне, что может быть успешно достигнуто только через применение и разработку теоретических решений неустановившихся течений жидкости в системах оросительных каналов, которые могут быть численно решены при помощи уравнений Сен-Венана.

Вывод. Путем использования безразмерных величин, разработанный подход к задачам оперативного диспетчерского управления водораспределением в системах оросительных каналов позволяет значительно расширить его область применения. Для этого был разработан алгоритм диспетчерского управления, основанный на за-

Возможные ситуации и порядок основного перерегулирования сооружений в каналах

Ситуации	№ ситуации	1	2	3	4
	Соотношение расходов	$Q_{л2} \geq Q_{л1}$	$Q_{л2} < Q_{л1}$	$Q_{л2} \leq Q_{л1}$	$Q_{л2} > Q_{л1}$
Соотношение объемов	$V_2 > V_1$	$V_2 \geq V_1$	$V_2 < V_1$	$V_2 \leq V_1$	
Перерегулирования	Левое сооружение	$(1 + k_p)Q_{л1}$	$(1 + k_p)Q_{л1} - \Delta Q$	$(1 - k_p)Q_{л1}$	$(1 - k_p)Q_{л1} + \Delta Q$
	Правое сооружение	$Q_{пр1}$	$Q_{пр2}$	$Q_{пр1}$	$Q_{пр2}$
	Водовыделы	Σq_1	Σq_2	Σq_1	Σq_2

данном приращении объемов. В рамках данного алгоритма, оросительная система была представлена в виде определенного количества простых компонентов. При моделировании работы каждого из этих компонентов и установлении простых взаимосвязей между управляющими параметрами и параметрами канала, были применены методы теории подобия. Кроме того, в алгоритме был добавлен принцип диспетчерского управления объемами на основе заданных приращений, который был реализован в компьютерных программах авторов.

Заключение. Разработанные методические рекомендации позволили сократить затраты на диспетчерское управление, обеспечить высокую оперативность, надежность и качество принимаемых диспетчером решений, минимизируя технологические сбросы оросительной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ольгаренко В.И., Ольгаренко Г.В., Ольгаренко И.В. Оптимизация процессов водопользования на основе методологии ландшафтно-экологического подхода: монография. Новочеркасск: Лик, 2019. 623 с.

2. Ольгаренко И.В., Ольгаренко Г.В. Программный комплекс планирования водопользования для оросительных систем на основе использования информационных технологий // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 5. С. 38–42.

3. Кучмент Л.С. Математическое моделирование речного стока. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 191 с.

4. Леви И.И. Моделирование гидравлических явлений. 2 изд. Л.: Энергия, 1967. 236 с.

5. Михалев М.А. Материалы по моделированию некоторых видов движения вязкой жидкости // Изв. ВНИИГ имени Веденеева. 1975. Т. 108. 148 с.

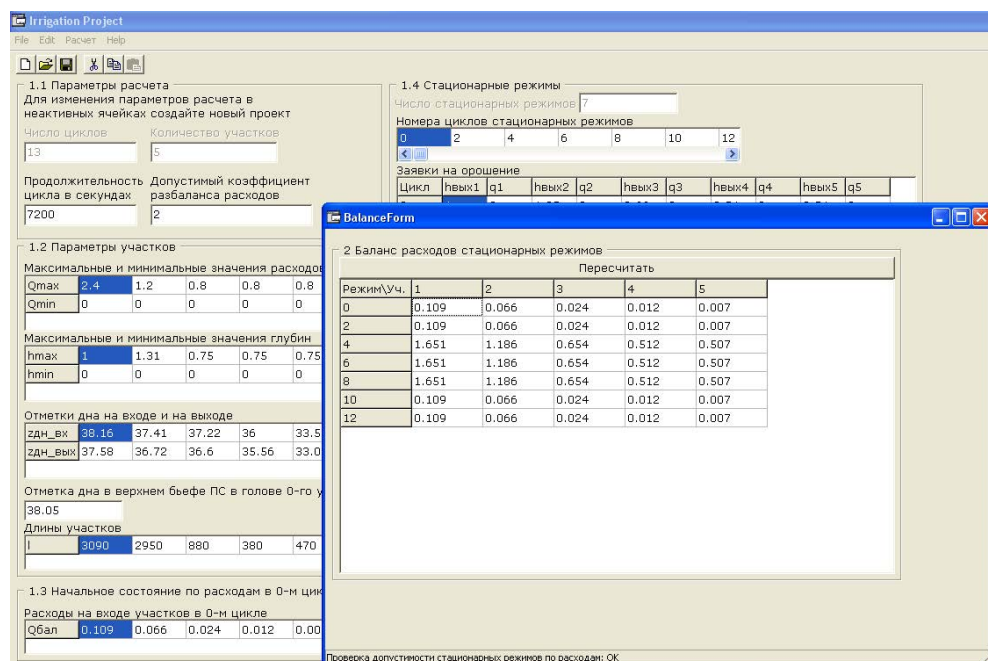


Рис. 2. Определение баланса расходов

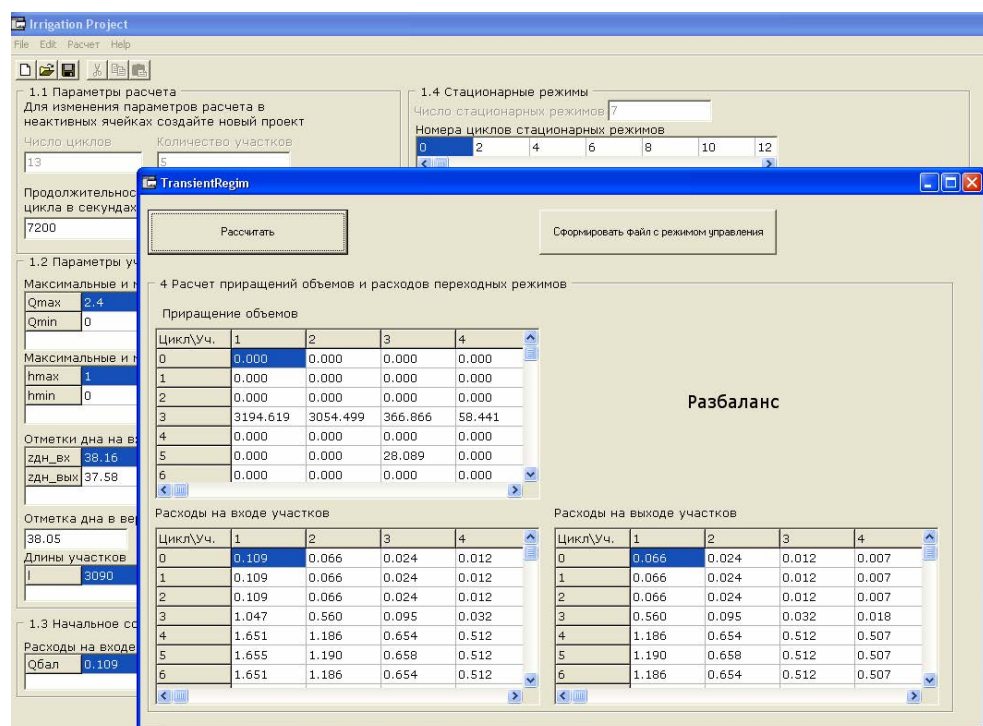


Рис. 3. Расчет приращений объемов по участкам канала

6. Сенчуков Г.А., Пономаренко Т.С. Моделирование процессов водораспределения на Пролетарской оросительной системе // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 1. С. 141–156. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-141-156>.

7. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. 8-е изд., перераб. М.: Наука, 1981. 430 с.

8. Юрченко И.Ф. Приоритетные направления и мероприятия современной цифровизации в мелиорации // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 84–100.

9. Justification of methodological approaches to standardisation of irrigation as an element of resourcesaving and minimization of the

anthropogenic load in agrobiocenosis / G. Olgarenko, V. Olgarenko, I. Olgarenko, V.I. Olgarenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: proceedings of the Conf. the international scientific conference «Efficient waste treatment, IOP Publishing Ltd, 2019. DOI: 10.1088/1755-1315/337/1/012027.

10. Olgarenko V.I., Olgarenko I.V., Olgarenko V.I. Technical condition diagnostics of the water supply facilities in the irrigation systems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Scientific Conference «Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development», Kislovodsk, Russian Federation, 01–05 okt. 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/698/2/022060

11. Использование мобильных IT-приложений для решения задач водопользования на внутрихозяйственной оросительной сети / Е.А. Волкова, Д.А. Кудравец, В.И. Коржов, И.В. Коржов // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 3. С. 30–47. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-30-47>.

12. Шумаков Б.Б., Остапчик В.П. Оптимальное управление – непереносимое условие эффективности и экологической безопасности в орошаемом земледелии // Вестник с.-х. науки. 1990. № 8. С. 92–98.

13. Юрченко И.Ф., Трунин В.В. Методология и компьютерная технология поддержки решений при оперативном управлении водораспределением на межхозяйственных оросительных системах // Мелиорация и водное хозяйство. 2012. № 2. С. 6–10.

14. Bandurin M.A., Bandurin I.P. 2021 Ways to solve ecological problems of natural ecosystems amid constantly increasing anthropogenic load IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 866 (1) 173386. DOI:10.1088/1755-1315/866/1/012003.

15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012614736. Российская Федерация. Расчет спектра стационарных режимов течения воды в трапецидальных каналах и лотках (Лотра_{мвс}): заявл. № 2012612753 опубл. 28.05.2012 / В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко, О.П. Кисаров, Н.С. Захарченко, Н.С. Бузало, Г.А. Бузало; заявитель ФГБОУ ВПО НГМА.

16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012614735. Российская Федерация. Информационная поддержка диспетчерского управления водораспределением в системе каналов (ВодораспределениеОС.exe): заявл. № 2012612752 опубл. 28.05.2012 / В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко, О.П. Кисаров, Н.С. Захарченко, Н.С. Бузало, Г.А. Бузало; заявитель ФГБОУ ВПО НГМА.

REFERENCES

1. Olgarenko V.I. Optimization of water use processes based on the methodology of landscape-ecological approach: monograph / V.I. Olgarenko, G.V. Olgarenko, I.V. Olgarenko // Novocherkassk: Lik, 2019. 623 p.

2. Olgarenko I.V. Software package for water use planning for irrigation systems based on the use of information technologies / Olgarenko V.I., Olgarenko G.V. // Scientific journal MiVH. 2017. No. 5 P. 38–42.

3. Kuchment L.S. Mathematical modeling of river flow. L.: Gidrometeoizdat, 1972. 191 p.

4. Levi I.I. Modeling of hydraulic phenomena. 2nd ed. L.: Energy, 1967. 236 p.

5. Mikhalev M.A. Materials on modeling some types of viscous fluid motion // Izv. VNIIG named after Vedenev. 1975. T. 108. 148 p.

6. Senchukov G.A., Ponomarenko T.S. Modeling of water distribution processes on the Proletarskaya irrigation system // Melioration and hydraulic engineering. 2022. T. 12, No. 1.

P. 141–156. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-141-156>.

7. Sedov L.I. Methods of similarity and dimension in mechanics. 8th ed., revised. M.: Science, 1981. 430 p.

8. Yurchenko, I.F. Priority directions and measures of modern digitalization in land reclamation // Land reclamation and hydraulic engineering. 2022. T. 12, No. 2. P. 84–100.

9. Olgarenko V.I. Justification of methodological approaches to standardisation of irrigation as an element of resourcesaving and minimization of the anthropogenic load in agrobiocenosis / G. Olgarenko, V. Olgarenko, I. Olgarenko, V.I. Olgarenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: proceedings of the Conf. the international scientific conference «Efficient waste treatment, IOP Publishing Ltd, 2019. DOI:10.1088/1755-1315/337/1/012027.

10. Olgarenko V.I. Technical condition diagnostics of the water supply facilities in the irrigation systems / V.I. Olgarenko, I.V. Olgarenko, V.I. Olgarenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Scientific Conference «Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development», Kislovodsk, Russian Federation, 01–05 okt. 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/698/2/022060.

11. Korzhov I.V. Using mobile IT applications to solve problems of water use in the on-farm irrigation network / E.A. Volkova, D.A. Kudravets, V.I. Korzhov, I.V. Korzhov // Land reclamation and hydraulic engineering [Electronic resource]. 2023. T. 13, No. 3. P. 30–47. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-30-47>.

12. Shumakov B.B., Ostapchik V.P. Optimal management is an indispensable condition for efficiency and environmental safety in irrigated agriculture // Vestnik Agricultural Sciences. Sciences. 1990. No. 8. P. 92–98.

13. Yurchenko I.F. Methodology and computer technology for supporting decisions in the operational management of water distribution on inter-farm irrigation systems / I.F. Yurchenko, V.V. Trunin. // Melioration and water management. 2012. No. 2. P. 6–10.

14. Bandurin M.A., Bandurin I.P. 2021 Ways to solve ecological problems of natural ecosystems amid constantly increasing anthropogenic load IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 866 (1) 173386. DOI:10.1088/1755-1315/866/1/012003.

15. Certificate of state registration of a computer program No. 2012614736. Russian Federation. Calculation of the spectrum of stationary modes of water flow in trapezoidal channels and trays (Лотра.мвс): appl. No. 2012612753 publ. 05.28.2012 / V.I. Olgarenko, I.V. Olgarenko, O.P. Kisarov, N.S. Zakharchenko, N.S. Buzalo, G.A. Buzalo; applicant FSBEI HPE NGMA.

16. Certificate of state registration of a computer program No. 2012614735. Russian Federation. Information support for dispatch control of water distribution in the canal system (VodoraspredelenieOS.exe): application. No. 2012612752 publ. 05.28.2012 / V.I. Olgarenko, I.V. Olgarenko, O.P. Kisarov, N.S. Zakharchenko, N.S. Buzalo, G.A. Buzalo; applicant FSBEI HPE NGMA.

Ольгаренко Владимир Иванович, nimi-info@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4399-997X>; **Ольгаренко Игорь Владимирович**, danel777888@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4865-5642> (Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск); **Ольгаренко Владимир Игоревич**, olgarenko_vi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9609-5571> (Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск); **Коржов Иван Викторович**, ivkorzhov@yandex.by, <https://orcid.org/0009-0004-7450-7768> (Российский научно-исследовательский институт проблем комплексного использования и охраны водных ресурсов, г. Ростов-на-Дону).

ВИКТОРУ ПЕТРОВИЧУ ЯКУШЕВУ – 75 ЛЕТ



Виктор Петрович Якушев родился 6 июня 1949 г. в д. Горбачевка Ельнинского района Смоленской области.

В 1971 г. окончил физико-математический факультет Смоленского государственного педагогического института и в 1980 г. окончил факультет прикладной математики и процессов управления в Ленинградском государственном университете им. А.А. Жданова. С 1989 г. – директор опытной станции Агрофизического НИИ, с 1995 г. – заместитель директора по научной работе, в 1996–2016 гг. – директор Агрофизического научно-исследовательского института, с 2016 г. – заведующий отделом моделирования адаптивных агротехнологий Агрофизического НИИ.

Академик РАСХН с 2012 г., академик РАН с 2013 г. – Отделение сельскохозяйственных наук. Академик В.П. Якушев – выдающийся ученый в области агрофизики, математического моделирования и применения математических методов в информационном обеспечении земледелия и растениеводства. Один из основных разработчиков принципов, подходов и приемов точного земледелия. Применение точного земледелия – ключевое направление по развитию сегмента «Умное сельское хозяйство» платформы FoodNet национальной технологической инициативы.

В.П. Якушев является автором теории и понятийного аппарата построения проблемно-ориентированных баз знаний и данных, структуры которых позволяют конструировать эффективные автоматизированные системы нового типа

по выработке и реализации технологических решений в точном земледелии. Сегодня точное земледелие и геоинформационные технологии – генератор и локомотив инноваций в сельском хозяйстве.

Представляют большой интерес дистанционные методы сбора данных: в день с самолета или с квадрокоптера можно снять до 1000 га, причем самое перспективное направление – космические снимки. Основной задачей становится создание алгоритмов дешифрации дистанционных снимков, хотя уже сегодня можно снимать рельеф в 3D.

Академик РАН В.П. Якушев призывает своих соратников и учеников развивать сеть биополигонов в различных почвенно-климатических зонах Российской Федерации, что позволяет в регулируемых условиях вести исследования круглый год. В.П. Якушевым опубликовано более 300 научных трудов, в том числе около 40 книг и брошюр. Специалистам известны его работы, написанные индивидуально или в соавторстве: «Агрофизические и экологические проблемы сельского хозяйства в XXI веке: в 4 т.», «На пути к точному земледелию», «Глобальные проявления изменений климата в агропромышленной сфере», «Информационное обеспечение точного земледелия», «Точное сельское хозяйство», «Концептуальные основы организации сети реперных агрополигонов земледельческой территории России».

В.П. Якушев – председатель диссертационного ученого совета Агрофизического НИИ по защите диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата сельскохозяйственных и биологических наук по специальности «Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика», является главным редактором журнала «Агрофизика», членом редколлегий журналов «Доклады Россельхозакадемии», «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», «Плодородие», «Земледелие» и др.

Сердечно поздравляем академика РАН Виктора Петровича Якушева с 75-летием, желаем доброго здоровья и продолжения научных исследований на благо нашей Родины.

ПАМЯТИ ВИКТОРА ВАСИЛЬЕВИЧА МЕЛИХОВА



7 июля 2024 г. на 71 году жизни после тяжелой продолжительной болезни ушел из жизни известный российский ученый, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия – филиала ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», член-корреспондент Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик МАЭП, заслуженный работник сельского хозяйства РФ Виктор Васильевич Мелихов.

Виктор Васильевич родился в многодетной казачьей семье 8 апреля 1954 г. в х. Каменном Даниловского района Волгоградской области, начал свою трудовую деятельность в 1971 г. рабочим совхоза «Краснянский» в родном районе. После службы в рядах вооруженных сил группы советских войск в ГДР и окончания сельскохозяйственного техникума руководящих кадров колхозов и совхозов в 1979 г. работал агрономом-семеноводом в колхозе «Россия» Калачевского района Волгоградской области, а затем был направлен на работу в аппарат производственного управления сельского хозяйства облисполкома, где прошел путь от старшего агронома до председателя Комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Администрации Волгоградской области. В 1989 г. В.В. Мелихов приглашен на работу в Волгоградский обком КПСС (аграрный отдел и отдел социально-экономической политики), где проявил себя как грамотный специалист-организатор.

С 1991 по 1993 г. В.В. Мелихов работал в должности заместителя Председателя Комитета по земельной реформе и земельным ресурсам администрации Волгоградской области. В течение 1994–1997 гг. работал заместителем, первым заместителем начальника Главного управления сельского хозяйства и продовольствия Волгоградской области, а с 1997 по 2002 г. – Председателем Комитета по сельскому хозяйству и продовольствию администрации Волгоградской области. В 1999 г. защитил кандидатскую, а в 2008 г. – докторскую диссертацию.

С 2002 по 2019 г. Виктор Васильевич Мелихов возглавлял Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, в котором до настоящего времени работал главным научным сотрудником. Институт под руководством В.В. Мелихова успешно выполнил тематику НИР по программе 03 «Мелиорация и водное хозяйство», разработал базовую основу Концепции развития мелиорации в России. В последующем институт проводил исследования в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг., составляющей основу Государственного задания.

В.В. Мелиховым проведены теоретические и практические исследования, результаты которых внесли значительный вклад в разработку проблем комплексной мелиорации орошаемых земель, повышающих эффективность сельскохозяйственного производства на орошаемых землях засушливых зон России. Особое внимание им уделялось проведению научных исследований по созданию новых высокопродуктивных сортов сои и гибридов кукурузы для условий орошения.

Виктором Васильевичем были подготовлены доктор наук, 5 кандидатов сельскохозяйственных наук, опубликовано 338 научных работ, в числе которых 9 монографий, получен 91 патент на изобретения и селекционные достижения РФ.

В 2013 г. ГНУ ВНИИОЗ совместно с индустриальным партнером ООО «Регионинвестагро» приступил к изданию ежеквартального журнала «Орошаемое земледелие», где В.В. Мелихов являлся председателем редакционного совета. В 2022 г. журнал «Орошаемое земледелие» был включен в Перечень рецензируемых журналов ВАК РФ.

В.В. Мелихов вел преподавательскую работу на кафедре КИВР в Волгоградском государственном аграрном университете в должности профессора.

В 1998 г. Виктор Васильевич был избран действительным членом (академиком) Международной академии экологии и природопользования (МАЭП). Награжден серебряной медалью им. Н.И. Вавилова, являлся неоднократным лауреатом Всероссийского выставочного центра. В 2004 г. удостоен почетного звания «Заслуженный работник сельского хозяйства РФ», в 2016 г. он был избран членом-корреспондентом Российской академии наук, в 2022 г. ему было присвоено ученое звание профессора по специальности 4.1.5 – Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.

Светлая память о Викторе Васильевиче Мелихове навсегда сохранится в наших сердцах.

Коллектив Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия приносит соболезнования родным и близким, друзьям и коллегам.