

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья

УДК 626.824

Системный подход к оптимизации водораспределения на оросительных системах как способ решения проблем мелиоративно-водохозяйственного комплекса

Таисия Сергеевна Пономаренко¹, Вячеслав Дмитриевич Гостищев²,
Алексей Николаевич Рыжаков³

^{1, 2, 3}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹ponomarenko.taisya@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

²nb515@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0868-0712>

³xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

Аннотация. Цель: разработка методики анализа отклонений фактического водораспределения от плановых показателей с последующей оптимизацией управленческих решений на основе гидродинамического моделирования. **Материалы и методы.** Методика предлагает на основе диагностики, полевых изысканий и гидродинамической модели разработать типовые сценарии оптимизационных решений. Данная разработка позволит объективно отделять технические ограничения от управленческих недочетов, оценивать эффект от мероприятий до их реализации и формировать поэтапные дорожные карты оптимизации в зависимости от имеющихся ресурсов и приоритетов. **Результаты и обсуждение.** Предложена классификация из девяти причин отклонений, разделенных на технические (износ инфраструктуры, недостаток автоматизации, механизации и гидрометрии) и управленческие (дефицит кадров, неисправность оросительной техники) факторы, а также объективные внешние воздействия (изменение гидрометеорологических условий). Для каждой причины разработаны типовые сценарии оптимизации с количественной оценкой ожидаемого эффекта: снижение потерь на 10–50 %, повышение КПД до 0,80–0,85, сокращение дефицита на концевых участках на 30–50 %. Введена система ранжирования участков оросительной сети по критериям величины и продолжительности дефицита воды (ранги 1–4), что позволяет формировать приоритетные дорожные карты мероприятий. Предложен стандартизированный восьмиэтапный цикл оптимизации: от диагностики и калибровки гидродинамической модели до мониторинга эффективности внедренных мер. **Выводы.** Подход способен обеспечить переход от реактивного управления к проактивному планированию, повышая гидравлическую эффективность системы и снижая зависимость от субъективных решений персонала. Это позволит сократить объемы сброса, снизить потери на системе, увеличить пропускную способность каналов и сооружений, что в свою очередь может привести к увеличению орошаемых площадей на 20–40 %.

Ключевые слова: водораспределение, оросительные системы, гидродинамическое моделирование, оптимизация управления, техническое состояние, гидротехнические сооружения, автоматизация водопользования

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Международной научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 18 февраля 2026 г.).

Для цитирования: Пономаренко Т. С., Гостищев В. Д., Рыжаков А. Н. Систем-

ный подход к оптимизации водораспределения на оросительных системах как способ решения проблем мелиоративно-водохозяйственного комплекса // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 248–261.

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Original article

The system approach to optimizing water distribution in irrigation systems as a way to solve problems in the land reclamation and water industry complex

Taisiya S. Ponomarenko¹, Vyacheslav D. Gostishchev², Alexeyi N. Ryzhakov³

^{1, 2, 3}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹ponomarenko.taisia@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

²nb515@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0868-0712>

³xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

Abstract. Purpose: to develop a methodology for analyzing deviations of actual water distribution from the planned indicators with subsequent optimization of management decisions based on hydrodynamic modeling. **Materials and methods.** The methodology proposes to develop typical scenarios of optimization decisions based on diagnostics, field surveys, and a hydrodynamic model. This development will allow for an objective separation of technical limitations from management deficiencies, an assessment of the effect of measures before their implementation, and the formation of step-by-step optimization roadmaps depending on the available resources and priorities. **Results and discussion.** A classification of nine causes of deviations is proposed, divided into technical (infrastructure depreciation, lack of automation, mechanization, and hydrometry) and managerial factors (staff shortages, malfunction of irrigation equipment) factors, as well as objective external influences (changes in hydrometeorological conditions). For each cause, standard optimization scenarios were developed with a quantitative assessment of the expected effect: a 10–50 % reduction in losses, an increase in efficiency to 0.80–0.85, and a 30–50 % reduction in deficits at the end sections. A ranking system for irrigation network sections based on the magnitude and duration of water deficits (ranks 1–4) was introduced, enabling the development of priority roadmaps for actions. A standardized eight-stage optimization cycle is proposed: from diagnostics and calibration of the hydrodynamic model to monitoring the efficiency of implemented measures. **Conclusions.** This approach can ensure a transition from reactive management to proactive planning, increasing the hydraulic efficiency of the system and reducing dependence on subjective personnel decisions. This will reduce discharge volumes, reduce system losses, and increase the discharge capacity of canals and structures, which in turn can lead to an increase in irrigated areas by 20–40 %.

Keywords: water distribution, irrigation systems, hydrodynamic modeling, control optimization, technical condition, hydraulic structures, water use automation

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the International scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 18, 2026).

For citation: Ponomarenko T. S., Gostishchev V. D., Ryzhakov A. N. The system approach to optimizing water distribution in irrigation systems as a way to solve problems in the land reclamation and water industry complex. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2026;98(1):248–261. (In Russ.).

Введение. В условиях обостряющегося дефицита водных ресурсов, вызванного изменением климата, ростом антропогенной нагрузки, конкуренцией между сельским хозяйством, промышленностью и коммунальным сектором, орошаемое земледелие сталкивается с необходимостью радикальной оптимизации водопользования. Особенно остро эта проблема ощущается в южных регионах России – Краснодарском крае и Ростовской области, где снижение стока рек Кубани и Дона, учащение засушливых периодов и высокая зависимость аграрного сектора от орошения создают предпосылки для хронического водного дефицита. В таких условиях простого увеличения объемов водозабора недостаточно: ключевым фактором устойчивости оросительных систем становится не количество доступной воды, а эффективность ее распределения и использования на всех уровнях – от магистрального канала до поливного участка [1, 2].

Эффективность водопользования на оросительных системах в современных условиях определяется не только наличием водных ресурсов, но и способностью управлять их распределением с учетом реальных технических ограничений и динамически меняющегося спроса. Стандартный подход – жесткое следование утвержденному плану водопользования – не учитывает пространственной и временной неоднородности системы: локальные дефициты и избытки возникают не случайно, а вследствие устойчивых «точек отказа», обусловленных как физическим состоянием инфраструктуры, так и качеством управленческих решений [3, 4].

Анализ эффективности водораспределения является первым шагом, обеспечивающим научно обоснованную оптимизацию управленческих решений [5].

Цель анализа – выявление, количественная оценка и систематизация причин несоответствия фактических объемов водоподачи и водопотребления утвержденным плановым значениям с последующим использованием полученных данных для разработки целевых мер по оптимизации управленческих решений.

Материалы и методы. Методика предлагает на основе диагностики, полевых изысканий и гидродинамической модели разработать типовые сценарии оптимизационных решений. Данная разработка позволит объективно отделять технические ограничения от управленческих недочетов, оценивать эффект от мероприятий до их реализации и формировать поэтапные дорожные карты оптимизации в зависимости от имеющихся ресурсов и приоритетов [6]. Это делает ее применимой как для пилотных проектов, так и для системного внедрения на уровне региональных и федеральных программ развития мелиорации [7].

Результаты и обсуждение. Все отклонения от плана водопользования подлежат классификации по следующей системе причин:

1) неудовлетворительное техническое состояние водопроводящей сети и гидротехнических сооружений (ГТС) государственных мелиоративных систем проявляется в повышенных потерях на фильтрацию и испарение, снижении скоростей течения, ухудшении транспортирующей способности;

2) недостаточное оснащение средствами автоматизированного управления водораспределением приводит к невозможности точного регулирования уровней и расходов, что вызывает избыток или дефициты водных ресурсов;

3) недостаточное оснащение службы эксплуатации средствами механизации и специальной мелиоративной техники ограничивает выполнение дноуглубительных и уходных работ, усугубляя последствия заиления и зарастания;

4) недостаточное оснащение гидрометрическими сооружениями делает невозможным оперативный мониторинг и корректировку режимов подачи;

5) недостаточное количество квалифицированных кадров службы эксплуатации снижает качество управленческих решений, особенно в части синхронизации подачи с потреблением;

6) неудовлетворительное техническое состояние водопроводящей сети и ГТС внутрихозяйственных оросительных каналов вызывает отказы от заявленных объемов воды со стороны водопользователей;

7) неисправность/недостаточное оснащение средствами оросительной техники в хозяйстве снижает эффективность полива и приводит к недоиспользованию поданной воды;

8) недостаточное количество квалифицированных кадров в хозяйстве обуславливает ошибки в графике забора воды и нецелевое ее расходование;

9) корректировка в связи с изменениями гидрометеорологических условий, в т. ч. структуры посевных площадей по инициативе водопользователей или органов исполнительной власти является объективным внешним фактором, не зависящим от состояния инфраструктуры.

В случае выявления отклонения фактически поданных водопользователю объемов воды от плановых значений ответственный исполнитель со стороны эксплуатирующей организации на основании данных, фиксируемых в журналах учета подачи воды, проводит количественную оценку влияния каждой из установленных причин, распределяя их вклад в суммарное отклонение в процентном соотношении (с обязательным соблюдением условия: сумма долей должна быть равна 100 %).

Для каждой из расходных статей водораспределения на ОС существует определенный набор причин отклонения фактических показателей от плановых:

- по статьям водораспределения на полезные нужды водопользователей отклонения чаще всего обусловлены причинами 6–9, поскольку зависят от решений и технического состояния на уровне водопользователя;

- по статье водораспределения «Потери на водохозяйственных системах (ВХС) по коэффициенту полезного действия (КПД)» преобладают причины 1–3, отражающие состояние и обслуживание государственной сети;

- по статье «Передача воды другим водохозяйственным организациям» применяется спектр причин от 1 до 5, т. к. в процессе участвуют обе стороны – передающая и принимающая;

- по статьям, обеспечивающим функционирование оросительных систем («Замочка и заполнение каналов», «Опробование насосных стан-

ций (НС)»), как правило, отклонения отсутствуют, однако при их наличии рассматриваются причины 1 и 5;

- по статье «Подпитка водных объектов» применяется причина 9;
- по иным статьям водораспределения доминируют причины 1, 2 и 5, связанные с техническим состоянием каналов, отсутствием автоматизированных систем управления и квалификацией персонала.

Каждая из девяти классифицированных причин отклонений от плана водопользования проявляется под воздействием определенных факторов, которые условно можно подразделить на внутренние (управленческие решения) и внешние (природно-климатические, организационные). Их системный учет позволит:

- обоснованно отобрать мероприятия, действительно реализуемые в обозримой перспективе;
- корректно учесть их влияние при гидродинамическом моделировании;
- на основе модельных расчетов оценить ожидаемую эффективность и выбрать оптимальные управленческие решения.

Анализ эффективности водораспределения выступает не только как инструмент диагностики отклонений от плановых показателей, но и как основа для выявления ключевых факторов, ограничивающих точность и надежность управления водными ресурсами [8].

Выявленные факторы интегрируются в гидродинамические и водохозяйственные модели путем корректировки входных параметров (геометрии русла, коэффициента фильтрации, коэффициента шероховатости, КПД, временных рядов и т. п.), что позволяет [9, 10]:

- повысить прогностическую достоверность расчетов;
- обеспечить переход от формального бухгалтерского водохозяйственного баланса к физически обоснованной и количественно верифицируемой оценке водопользования;
- обосновать выбор приоритетных мероприятий по повышению эффективности эксплуатации оросительных систем.

Перечень типовых сценариев представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Типовые сценарии оптимизации водопользования на оросительных системах

Table 1 – Typical scenarios for optimizing water use in irrigation systems

Причина отклонений	Ключевой сценарий	Рекомендуемое мероприятие	Ожидаемый эффект (↓ – уменьшение, ↑ – увеличение)
1	2	3	4
Износ инфраструктуры (каналы, ГТС)	Фактическое состояние. Локальная реконструкция. Комплексная реконструкция. Адаптация к климату. Оптимизация режимов. Аварийные сценарии	Внедрение системы учета участков по степени износа. Приоритизация ремонтов по результатам ранжирования. Мониторинг зарастания и деформации берегов и ГТС	↓ Потери на 10–50 % ↑ КПД на 15–30 % ↓ Дефицит на концах на 30–50 % ↓ Риски аварий на 30–60 %
Недостаток автоматизации управления водораспределением	Управление вручную. Частичная автоматизация. Централизованная автоматизированная система управления. Адаптивное управление по состоянию полей. Поэтапное внедрение автоматизации	Внедрение автоматизированной системы управления. Интеграция с гидродинамической моделью в режиме online (цифровой двойник). Обучение персонала работе с автоматизированной системой управления	↓ Колебания уровней на 30–50 % ↓ Потери на 25–40 % ↓ Время реакции в 2–4 раза ↑ КПД до 0,80–0,85
Недостаток механизации в службе эксплуатации	Ограниченное обслуживание. Регулярное техническое обслуживание с техникой. Оперативное реагирование. Оптимизация парка техники и маршрутов	Формирование мобильных бригад с универсальной техникой (каналоочистители, ГИС-навигация). Внедрение сервисного контракта на техническое обслуживание. Использование диагностической аппаратуры для профилактики	↓ Потери на 25–35 % ↑ Пропускная способность до 90–95 % ↓ Время ликвидации засоров в 5–7 раз ↓ Недополученной воды 60–80 %

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4
Недостаточное оснащение гидрометрическими сооружениями	Управление без данных. Минимальная сеть. Расширенная сеть. Оптимальное размещение постов. Сценарий временного отсутствия данных	Обязательное оснащение всех узлов перераспределения датчиками уровня/расхода. Дублирование каналов передачи данных (GSM / радио / LoRa). Расчет водного баланса в реальном времени	↓ Погрешность модели $\leq 10\%$ ↓ Потери на 15–30 % ↑ КПД до 0,75–0,85 ↓ Время выявления аварий 2–3 раза
Дефицит квалифицированных кадров	Недостаток персонала. Повышение квалификации. Цифровизация процесса. Комплексная автоматизация.	Внедрение симуляторов на базе MIKE/HEC-RAS. Повышение квалификации персонала. Разработка чек-листов для принятия решений	↓ Ошибки на 40–60 % ↑ Скорость реакции на 50–70 % ↑ Равномерность полива – 85–90 %
Неисправность оросительной техники в хозяйствах	Низкая оснащенность, поломки. Восстановление/модернизация. Централизованное обслуживание	Создание мобильных ремонтных бригад. Внедрение капельных систем. Мониторинг состояния техники через телеметрию	↓ Потери на поле на 30–50 % ↑ КПД водопользования до 80–90 ↑ Орошаемая площадь на 20–40 % ↑ Водозабор
Изменения погоды и структуры посевных площадей	Среднеобеспеченный год. Изменение структуры посевов. Адаптация к экстремальной погоде	Внедрение агрометеорологических сервисов (NDVI, влажность почвы, испарение). Согласование планов посевов с мелиоративной службой. Динамические лимиты водопользования (по факту вегетации и погоды)	↓ Ущерб от засухи на 20–35 % ↓ Недополученной воды на 25–40 % Корректировка пиков водопотребления $\pm 15\text{--}30\%$

На основании данных, полученных в результате моделирования сценариев, рекомендуется ранжировать участки ОС по двум ключевым критериям: величине и продолжительности дефицита уровня воды у водовыпусков в течение вегетационного периода:

- критические (ранг 1) – участки с систематическим дефицитом $> 15 \%$ от проектного уровня более 20 дней подряд;
- высокорисковые (ранг 2) – дефицит 5–15 %, длительностью 10–20 дней;
- средней устойчивости (ранг 3) – эпизодические нарушения (< 10 дней);
- стабильные (ранг 4) – соблюдение режима в пределах допусков.

Ранжирование позволяет перейти к целевому планированию мероприятий:

- краткосрочные мероприятия – оперативное буферное накопление воды в критических зонах с последующим адресным перераспределением (как в сценарии с регулированием водного режима с дискретной производительностью насосной станции с учетом работы регулирующих сооружений), что позволяет устранить дефицит без капитальных вложений;
- среднесрочные мероприятия – приоритетная модернизация ГТС и насосных станций на участках ранга 1–2 (восстановление регулирующей способности затворов, замена изношенных насосов);
- долгосрочные мероприятия – реконструкция русла (углубление, укрепление откосов, устранение обратных уклонов) на участках с устойчиво высоким рангом риска.

Наиболее устойчивый эффект достигается последовательной реализацией мер в иерархической последовательности, согласованной с ресурсными и организационными возможностями эксплуатирующих организаций.

Краткосрочный период (до 1 года, без капиталовложений):

- внедрение стратегии буферного накопления и дискретной подачи на основе прогноза потребления;
- обучение эксплуатационного персонала принципам проактивного

управления: переход от реакции на аварии к предупреждению нарушений по данным моделирования и мониторинга.

Среднесрочный период (1–3 года):

- восстановление автоматизированных систем управления на ключевых регулирующих сооружениях (затворы дюкеров, шлюзы-регуляторы);
- перевод насосных станций на режимы с переменной производительностью;
- оснащение водозаборов комплектом гидрометрических средств (ультразвуковые расходомеры, датчики уровня).

Долгосрочный период (3–10 лет):

- комплексная реконструкция магистральных каналов с восстановлением проектных гидравлических параметров (глубина, ширина, уклон, шероховатость);
- создание цифрового двойника системы – интегрированной платформы на базе ГИС и гидродинамической модели с возможностью управления в реальном времени^{1, 2}.

Методологически предлагается зафиксировать и распространить на все оросительные системы РФ стандартизированный цикл:

- 1) диагностика;
- 2) полевые исследования;
- 3) построение и калибровка модели;
- 4) сценарное моделирование;
- 5) ранжирование;
- 6) выбор мер;

¹Учет и анализ использования водных ресурсов: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023667303 / Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, А. А. Кузьмичев, И. В. Клишин; правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Заявка № 2023665469; заявл. 21.07.23; опубл. 14.08.23. EDN: PWNBOD.

²Модуль графической визуализации водораспределения на мелиоративных водохозяйственных системах: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2025686461 / И. В. Клишин, А. А. Кузьмичев, Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, А. Н. Рыжаков, А. В. Бреева; правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Заявка № 2025685535; заявл. 24.09.25; опубл. 01.10.25.

7) внедрение;

8) мониторинг эффективности.

Такой подход позволит обеспечить рост гидравлической эффективности (снижение потерь, исключение дефицитов у водозаборов) и повышение управленческого потенциала эксплуатирующих организаций от тактического реагирования к стратегическому планированию на основе актуальных данных и внедрения автоматизированных систем управления.

Выводы. Отклонения от плана водопользования системно классифицированы по девяти причинам, что позволяет объективно разделять технические ограничения инфраструктуры от управленческих недочетов.

Типовые сценарии оптимизации для каждой причины обеспечивают количественную оценку эффекта до реализации мероприятий, снижая риски неэффективных вложений.

Ранжирование участков сети по критериям дефицита воды (ранги 1–4) формирует основу для приоритизации ремонтов и модернизации с учетом ограниченных ресурсов.

Внедрение стандартизированного цикла «диагностика → моделирование → ранжирование → внедрение → мониторинг» обеспечивает переход от тактического реагирования к стратегическому управлению водными ресурсами на основе данных. Таким образом, данный подход позволит сократить объемы сброса, снизить потери на системе, увеличить пропускную способность каналов и сооружений, что в свою очередь может привести к увеличению орошаемых площадей на 20–40 %.

Список источников

1. Угрюмова А. А., Паутова Л. Е., Гришаева О. Ю. Точки роста эффективности использования мелиоративного потенциала России // Вестник Челябинского государственного университета. 2021. № 10(456). С. 51–58. DOI: 10.47475/1994-2796-2021-11005. EDN: CCRBVA.

2. Александровская Л. А. Проблемы эффективного использования водных ресурсов в агромелиоративной сфере // Экономика и экология территориальных образований. 2019. Т. 3, № 4. С. 82–87. DOI: 10.23947/2413-1474-2019-3-4-82-87. EDN: HMLRCT.

3. Ткачев А. А., Ольгаренко И. В. Современные проблемы в управлении водо-

распределением в магистральных каналах оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2021. Т. 11, № 2. С. 1–23. DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-1-23. EDN: NTRFMJ.

4. Зарубин В. В., Титаренко Д. В., Бочкарева Н. А. Использование локального управления водораспределением при повышении эффективности оросительных систем // Вестник мелиоративной науки. 2021. № 1. С. 15–19. EDN: SMNHFC.

5. Батыкова А. Ж., Бейшекеев К. К. Автоматизация системы управления в оросительных системах для повышения эффективности водопользования // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2025. Т. 25, № 4. С. 20–27. DOI: 10.36979/1694-500X-2025-25-4-20-27. EDN: LKOOUK.

6. Юрченко И. Ф. Интеграция цифровых систем в сферу агропроизводства на мелиорированных землях // Международный технико-экономический журнал. 2020. № 4. С. 73–80. DOI: 10.34286/1995-4646-2020-73-4-73-80. EDN: JRBYVH.

7. Бандурин М. А., Руденко А. А. Мониторинг технического состояния и оценка остаточного ресурса длительно эксплуатируемых гидротехнических сооружений // Передовые исследования Кубани: сб. мат. Ежегодной отчетной конф. грантодержателей Кубанского научного фонда, Сочи, 15–17 мая 2023 г. Краснодар: Кубанский научный фонд, 2023. С. 58–62. EDN: RTGICA.

8. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Коржов И. В. Функции планирования водопользования на оросительных системах с использованием современных IT-технологий // Мелиорация и водное хозяйство. 2025. № 1. С. 34–40. DOI: 10.32962/0235-2524-2025-1-34-40. EDN: VYCUPN.

9. Сенчуков Г. А., Пономаренко Т. С. Применение компьютерного моделирования режимов водопотребления и водораспределения для повышения эффективности организации водопользования на оросительных системах // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 4(64) С. 27–31. EDN: XBSVMT.

10. Компьютерное моделирование – современный инструмент решения задач речной гидравлики. Прогнозирование паводков в проекте «Волга-Рейн» / С. О. Бритвин [и др.] // Безопасность энергетических сооружений. Вып. 11. Гидрологическая безопасность и защита окружающей среды и населения от паводков. М.: 2003. С. 126–131.

References

1. Ugryumova A.A., Pautova L.E., Grishaeva O.Yu., 2021. *Tochki rosta effektivnosti ispol'zovaniya meliorativnogo potentsiala Rossii* [Improving the efficiency of using the reclamation potential of the Russian Federation: analysis of growth points]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bullet. of Chelyabinsk State University], no. 10(456), pp. 51-58, DOI: 10.47475/1994-2796-2021-11005, EDN: CCRBVA. (In Russian).

2. Aleksandrovskaia L.A., 2019. *Problemy effektivnogo ispol'zovaniya vodnykh resursov v agromeliorativnoy sfere* [Problems of efficient use of water resources in the agroforestry field]. *Ekonomika i ekologiya territorial'nykh obrazovaniy* [Economy and Ecology of Territorial Formations], vol. 3, no. 4, pp. 82-87, DOI: 10.23947/2413-1474-2019-3-4-82-87, EDN: HMLRCT. (In Russian).

3. Tkachev A.A., Olgarenko I.V., 2021. *Sovremennye problemy v upravlenii vodoraspredeleniem v magistral'nykh kanalach orositel'nykh sistem* [Urgent problems of water distribution management in main canals of irrigation systems]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* [Scientific Journal of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], vol. 11, no. 2, pp. 1-23, DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-1-23, EDN: NTRFMJ. (In Russian).

4. Zarubin V.V., Titarenko D.V., Bochkareva N.A., 2021. *Ispol'zovanie lokal'nogo upravleniya vodoraspredeleniem pri povyshenii effektivnosti orositel'nykh sistem*

[Using local water distribution management to improve the efficiency of irrigation systems]. *Vestnik meliorativnoy nauki* [Bullet. of Land Reclamation Science], no. 1, pp. 15-19, EDN: SMNHFC. (In Russian).

5. Batykova A.Zh., Beishekeev K.K., 2025. *Avtomatizatsiya sistemy upravleniya v orositel'nykh sistemakh dlya povysheniya effektivnosti vodopol'zovaniya* [Automation of irrigation systems management to improve water use efficiency]. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo Slavyanskogo universiteta* [Bullet. of Kyrgyz-Russian Slavic University], vol. 25, no. 4, pp. 20-27, DOI: 10.36979/1694-500X-2025-25-4-20-27, EDN: LKOOUK. (In Russian).

6. Yurchenko I.F., 2020. *Integratsiya tsifrovyykh sistem v sferu agroproduktstva na meliorirovannykh zemlyakh* [Digital systems integration into agriculture within the reclaimed lands]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal* [International Technical and Economic Journal], no. 4, pp. 73-80, DOI: 10.34286/1995-4646-2020-73-4-73-80, EDN: JRBYVH. (In Russian).

7. Bandurin M.A., Rudenko A.A., 2023. *Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya i otsenka ostatochnogo resursa dlitel'no ekspluatiruemykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Monitoring of technical condition and evaluation of residual life of long-term operated hydraulic structures]. *Peredovye issledovaniya Kubani: sb. mat. yezhegodnoy otchetnoy konf. grantoderzhateley Kubanskogo nauchnogo fonda*, [Advanced research of Kuban: Proceed. of the Annual Reporting Conference of Grant Holders of Kuban Science Foundation]. Sochi, Kuban Science Foundation, pp. 58-62, EDN: RTGICA. (In Russian).

8. Olgarenko V.I., Olgarenko I.V., Korzhov I.V., 2025. *Funktsii planirovaniya vodopol'zovaniya na orositel'nykh sistemakh s ispol'zovaniem sovremennykh IT-tekhnologiy* [Water use planning functions in irrigation systems using modern IT technologies]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 1, pp. 34-40, DOI: 10.32962/0235-2524-2025-1-34-40, EDN: VYCUPN. (In Russian).

9. Senchukov G.A., Ponomarenko T.S., 2016. *Primenenie komp'yuternogo modelirovaniya rezhimov vodopotrebleniya i vodoraspredeleniya dlya povysheniya effektivnosti organizatsii vodopol'zovaniya na orositel'nykh sistemakh* [Application of computer modeling for water consumption and distribution regimes to improve the efficiency of water use in irrigation systems]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(64), pp. 27-31, EDN: XBSVMT. (In Russian).

10. Britvin C.O. [et al.], 2003. *Komp'yuternoe modelirovanie – sovremennyy instrument resheniya zadach rechnoy gidravliki. Prognozirovanie pavodkov v proekte «Volga-Reyn»* [Computer modeling – a modern tool for solving river hydraulics problems. Flood forecasting in the Volga-Rhine project]. *Bezopasnost' energeticheskikh sooruzheniy. Byp. 11. Gidrologicheskaya bezopasnost' i zashchita okruzhayushchey sredy i naseleniya ot pavodkov* [Security of Power Structures. Issue 11. Hydrological Security and Protection of the Environment and Population from Floods]. Moscow, pp. 126-131. (In Russian).

Информация об авторах

Т. С. Пономаренко – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, ponomarenko.taisya@yandex.ru, Author ID: 619318, ORCID: 0000-0002-2003-1686;

В. Д. Гостищев – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, nb515@mail.ru, Author ID: 302324, ORCID: 0000-0002-0868-0712;

А. Н. Рыжаков – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, xrust.89@bk.ru, Author ID: 784962, ORCID: 0000-0002-9268-255X.

Information about the authors

T. S. Ponomarenko – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, ponomarenko.taisya@yandex.ru, Author ID: 619318, ORCID: 0000-0002-2003-1686;

V. D. Gostishchev – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, nb515@mail.ru, Author ID: 302324, ORCID: 0000-0002-0868-0712.

A. N. Ryzhakov – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, xrust.89@bk.ru, Author ID: 784962, ORCID: 0000-0002-9268-255X.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 06.02.2026; одобрена после рецензирования 19.02.2026; принята к публикации 14.04.2026.

The article was submitted 06.02.2026; approved after reviewing 19.02.2026; accepted for publication 14.04.2026.