

Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Оригинальная статья

УДК 626.826

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-6-16>



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАНАЛОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Р.С. Масный¹, О.А. Баев^{2✉}, Д.С. Рыбалко³

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

¹ Rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0254-738X>

² Oleg-Baev1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0142-4270>

³ Ruba4eks@gmail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1838-0131>

Аннотация. Цель исследований – оценка современного состояния и выявление проблем эксплуатации мелиоративных каналов в Российской Федерации, а также анализ факторов, влияющих на снижение технической эффективности мелиоративных систем. В качестве материалов послужили результаты анализа исследований отечественных ученых, направленных на рациональное использование водных ресурсов в сельскохозяйственном секторе страны, статистические данные Минприроды России, отраслевая статистика, материалы Государственного доклада «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации», сведения по количеству сооружений ФГБНУ «РосНИИПМ» и данные интернет-портала ФГБНУ ВНИИ «Радуга». Применялись классические методы расчета гидравлических и фильтрационных параметров. Определение коэффициента полезного действия выполнялось в соответствии с рекомендациями СП 100.13330.2016. В работе показано значительное снижение объема водопотребления для нужд орошения, что в 3-4 раза ниже уровня 1970-1985 гг. Установлено, что порядка 42% каналов мелиоративных систем находится в работоспособном состоянии, о 25% сооружений данные мониторинга отсутствуют, а 87% каналов выполнены в земляном русле. Среднестатистическое значение КПД для подавляющего большинства каналов составляет 0,66, потери воды на фильтрацию достигают 40%. Техническое состояние подавляющего большинства каналов фактически оценивается как критическое. Основной проблемой является неудовлетворительное техническое состояние гидротехнических сооружений и открытой сети. Для устойчивого развития орошаемого земледелия, увеличения площадей орошения требуется комплексный подход, включающий в себя реконструкцию гидротехнических сооружений и повышение КПД до нормативных значений.

Ключевые слова: потери воды, мелиоративная система, оросительный канал, фильтрация, коэффициент полезного действия, открытая сеть

Для цитирования: Масный Р.С., Баев О.А., Рыбалко Д.С. Современное состояние и проблемы эксплуатации каналов мелиоративных систем Российской Федерации. Природообустройство. 2026;Т.19(3):6-16. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-6-16>

Scientific article

CURRENT STATE AND PROBLEMS OF OPERATION OF CANALS OF THE RECLAMATION SYSTEMS OF THE RUSSIAN FEDERATION

O.S. Masnyi¹, O.A. Baev^{2✉}, D.S. Rybalko³

^{1, 2, 3} Russian Research Institute of Land Reclamation Problems; Novocherkassk, Russian Federation

¹ Rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0254-738X>

² Oleg-Baev1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0142-4270>

³ Ruba4eks@gmail.ru; ORCID ID: 0009-0001-1838-0131

Abstract. Objective research – to assess the current state and identify problems in the operation of irrigation system canals in the Russian Federation, as well as to analyze the factors affecting the decrease in the technical efficiency of irrigation systems. **Materials and methods.** The materials used were

the results of the analysis of studies conducted by Russian scientists on the rational use of water resources in the agricultural sector of the country, statistical data from the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation, industry statistics, materials from the State Report «On the State and Use of Water Resources in the Russian Federation», information on the number of facilities at the FSBSI «Russian Research Institute of Land Improvement Problems» and data from the Internet portal of the Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of «Raduga». Classical methods were used to calculate hydraulic and filtration parameters. The determination of the coefficient of efficiency was performed in accordance with the recommendations of SP 100.13330.2016. **Results and discussion.** The study shows a significant decrease in water consumption for irrigation purposes (which is 3-4 times lower than in 1970-1985). It was found that approximately 42% of the canals in the irrigation systems are in good condition, 25% of the structures do not have monitoring data, and 87% of the canals are made of earth. The average efficiency value for the vast majority of canals is 0.66, and water losses due to filtration reach 40%. **Conclusions.** The technical condition of the vast majority of canals is actually assessed as «critical». The main problems are the unsatisfactory technical condition of hydraulic structures and the open network. To ensure sustainable development of irrigated agriculture and increase the area under irrigation, a comprehensive approach is required, including the reconstruction of hydraulic structures and improving the efficiency to the required standards.

Keywords: water losses, reclamation system, irrigation canal, filtration, efficiency, open network

For citation: Masnyi R.S., Baev O.A., Rybalko D.S. The Current State and Problems of Canal Exploitation in the Reclamation Systems of the Russian Federation. *Prirodoobustrojstvo*. 2026;19(3):6-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-6-16>

Введение. Несмотря на высокий потенциал мелиорируемых земель Российской Федерации [1], существующие проблемы не позволяют гарантировать стабильное водоснабжение с целью орошения сельскохозяйственных угодий. Ряд объективных и субъективных факторов, связанных с высоким износом и неудовлетворительным техническим состоянием гидротехнических сооружений, обеспечивающих подачу водных ресурсов, неэффективное использование земель снижают темпы увеличения площадей орошения.

Для решения поставленной задачи предлагаются мероприятия в рамках «Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» [2], включающие в себя как комплексную реконструкцию и модернизацию оросительных систем, так и меры, направленные на восстановление текущего состояния мелиорированных земель.

Другими факторами, ограничивающими увеличение площадей орошаемых земель, являются нарастающий дефицит водных ресурсов, который неминуемо приводит к увеличению стоимости воды, постепенное изменение климата, что особенно актуально для засушливых регионов страны. Группа ученых в одной из фундаментальных работ [3] отмечает недостаточную водообеспеченность многих отраслей экономики, в том числе сельского хозяйства на современном уровне развития и в планируемой перспективе, несоответствие водного режима и режима требований

к водным ресурсам, высокую изменчивость стока. При этом отмечается, что территориальное распределение стока находится в составе стратегических задач [3]. В подтверждение этому В.И. Данилов-Данильян отмечает неоднозначность ситуации. Несмотря на то, что Россия занимает второе место в мире по возобновляемым запасам воды, «...80% населения и столько же хозяйства сосредоточены в европейской части страны, а воды там 20% от наших запасов. И наоборот: 80% воды находится за Уралом, а населения там 20%»¹.

По прогнозам ученых [3], развитие глобального водного кризиса ожидается к 2030 г., что напрямую скажется на сельском хозяйстве и орошаемом земледелии.

Цель исследований: оценка современного состояния и выявление проблем эксплуатации мелиоративных каналов в Российской Федерации, а также анализ факторов, влияющих на снижение технической эффективности мелиоративных систем.

Материалы и методы исследований. Согласно сведениям [3] данных Минприроды², отраслевой статистики³ и Государственного Доклада⁴ объемы водопотребления в Российской Федерации на орошение с каждым годом

¹ Европейской части России грозит катастрофический дефицит воды. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.unepcom.ru/news/news-2021/4682-210913-water.html> (дата обращения: 21.04.2026).

² О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2024 году: Государственный доклад. М.: Минприроды России; ФГБУ «ВНИИ Экология», 2025. 721 с.

сокращаются (22 км³ на 1985 г. [3] против 5,8 км³ на 2020 г. с долей на орошение 12% от суммарного водозабора (рис. 1).

Анализ данных рисунка 1 показывает, что максимальное значение общего водопотребления за весь анализируемый период зафиксировано в 1985 г. и составило 102,2 км³. В 1990-2000 гг. наблюдается снижение общего водопотребления с 96,2 до 66,9 км³, что соответствует сокращению на 30,5%. К основным причинам сокращения относится уменьшение площадей орошаемых земель, обусловленное как изменением структуры землепользования, так и ухудшением технического состояния мелиоративной инфраструктуры. В период 2000-2024 гг. общее водопотребление стабилизировалось в диапазоне 47-60 км³, достигнув минимального уровня 47,0 км³ в 2020 г., а к 2024 г. показатель возрос до 50,4 км³.

Современный объем водопотребления для целей орошения и сельхозводоснабжения (в среднем 6,4-6,5 км³ в 2020-2024 гг.) примерно в 3-4 раза ниже, чем в период 1970-1985 гг., что обусловлено не только снижением орошаемых площадей, но и внедрением современных технологий водопользования и водосбережения в сельском хозяйстве, а также техническим перевооружением мелиоративных систем и повышением эффективности использования водных ресурсов в аграрном секторе. Потери воды при транспортировке в России находятся на уровне 6,5-7,0 км³ в год, что более чем в 5 раз ниже аналогичного показателя в СССР (1970-1980 гг.). Основной причиной снижения потерь является сокращение

масштабов орошаемого земледелия, а также применение современных технологий строительства и реконструкции каналов и других гидротехнических сооружений [4].

Многие ученые и эксплуатирующие мелиоративные системы организации отмечают снижение технического уровня инфраструктуры и физический износ гидротехнических сооружений, обеспечивающих функционирование мелиоративного сектора, как основной показатель уменьшения водоподачи и сдерживающий фактор для увеличения площадей орошения.

Обширные исследования состояния мелиоративных систем Российской Федерации и Республики Беларусь содержат конкретные данные, подтверждающие озвученные выше предположения. Так, на основании выполненного мониторинга 3722 мелиоративных объектов авторами [5] получены некоторые сведения по физическому износу, достигающие 100%: «...открытая оросительная сеть – 75-90%, гидротехнические сооружения – 75-90%, насосные станции – 74-100%» [5]. При этом подавляющее большинство таких сооружений – это открытые каналы.

В Российской Федерации функционирует разветвленная сеть открытых каналов различного назначения: мелиоративных, энергетических, судоходных, комплексного назначения, рыбопропускных. Подавляющее большинство таких сооружений (а это порядка 87%) выполнено в земляном русле и характеризуется неудовлетворительным техническим состоянием, что напрямую сказывается на объеме потерь воды при ее транспортировке.

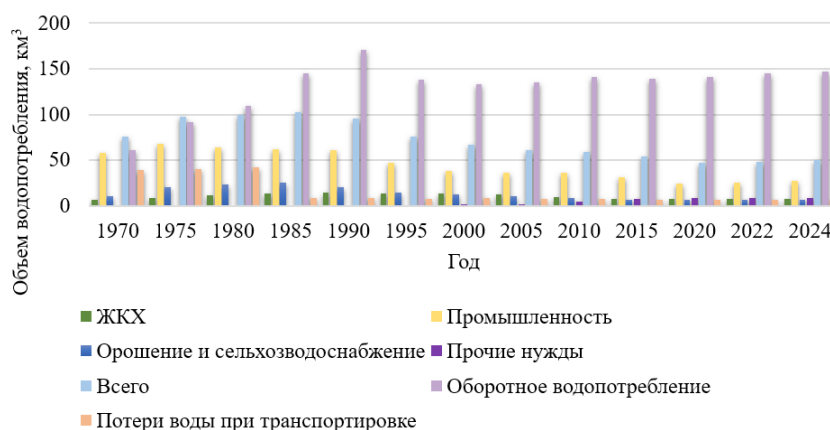


Рис. 1. Сведения о динамике использования воды

Fig. 1. Information on the dynamics of water use

³ Народное хозяйство РСФСР за 70 лет: Статистический ежегодник / НЗ0 Госкомстат РСФСР. М.: Финансы и статистика, 1987. 471 с.

⁴ О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2016 году: Государственный доклад. М.: НИИ-Природа, 2017. 300 с.

В соответствии с ГОСТ Р 70566-2022⁵ техническое состояние гидротехнических сооружений классифицируется по 5 категориям: неработоспособное, нормативное, ограниченно работоспособное, предельное/аварийное и работоспособное). На рисунке 2 представлены обобщенные сведения об уровне технического состояния каналов мелиоративных систем.

По данным проведенных исследований [6-8], порядка 42% каналов находится в работоспособном состоянии, требующем текущего ремонта. В неудовлетворительном техническом состоянии (ограниченно работоспособные и неработоспособные, требующие капитального ремонта, реконструкции или списания) – 20,5%, в нормативном состоянии – 13,3%. Одновременно с этим отсутствуют данные мониторинга о 25% сооружений, что не позволяет получить полное представление о реальном их состоянии. Объективно техническое состояние каналов в Российской Федерации следует оценивать как критическое. Основные проблемы связаны с высокой степенью физического износа гидротехнических сооружений, контрольно-измерительной аппаратуры и другой мелиоративной инфраструктуры, недостаточным проведением ремонтно-восстановительных работ.

В работе [6], на основе обобщения и анализа законодательных, нормативных правовых документов в области безопасности гидротехнических сооружений, а также различных публикаций, отмечается снижение технического состояния, и как следствие – безопасности подавляющего

большинства гидротехнических сооружений, в том числе на мелиоративных системах.

В одной из работ, посвященных оценке коэффициентов фильтрации и полезного действия каналов мелиоративных систем [9], приводятся следующие сведения: «...протяженность каналов, находящихся в государственности – 38684 км (из которых 23253 км – оросительные каналы и 15431 км – осушительные). Это также требует актуализации и учета действующих каналов (в том числе тех, что не в аварийном состоянии).

Данные о протяженности каналов мелиоративных систем разнятся, что обусловлено рядом причин. Во-первых, часть таких сооружений находится в частной собственности, что затрудняет их учет, а многие внутрихозяйственные распределители давно не эксплуатируются. Во-вторых, к каналам при их учете относят и другие водопроводящие гидротехнические сооружения (акведуки, дюкеры, тоннели, водовыпуски и др.). В-третьих, определенная часть каналов не эксплуатируется ввиду неудовлетворительного технического состояния, отсутствия подвешенных площадей орошения, снижения водопотребления, нехватки водных ресурсов [10].

На рисунке 3 представлены обобщенные сведения о протяженности и количестве каналов по федеральным округам (с учетом имеющихся у авторов данных, результатов мониторинга ФГБНУ «РосНИИПМ» и открытых сведений информационного портала ФГБНУ ВНИИ «Радуга»⁶.

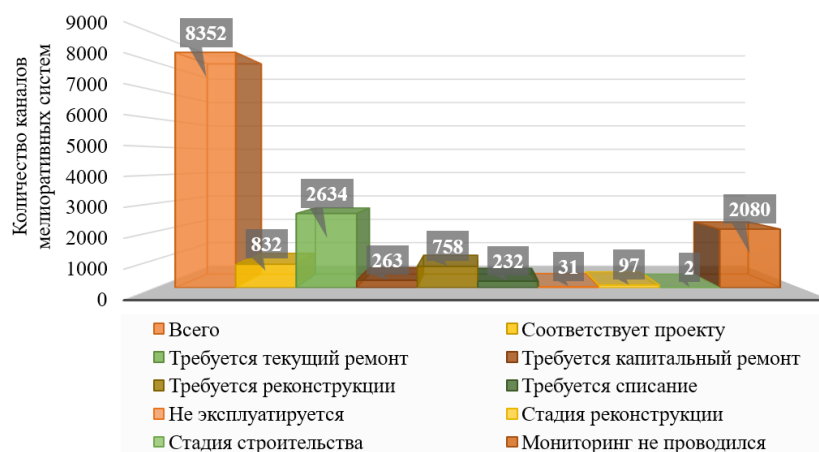


Рис. 2. Сведения об уровне технического состояния каналов мелиоративных систем за 2024 г.

Fig. 2. Information on the level of the technical condition of the canals of the reclamation systems for 2024

⁵ ГОСТ Р 70566-2022. Системы и сооружения мелиоративные. Правила обследования и мониторинга технического состояния: введ. 2022-12-16. М.: ФГБУ «Институт стандартизации», 2022. 16 с.

⁶ Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения. Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга». [Электронный ресурс]. URL: <https://inform-raduga.ru/gts> (дата обращения: 02.04.2026).

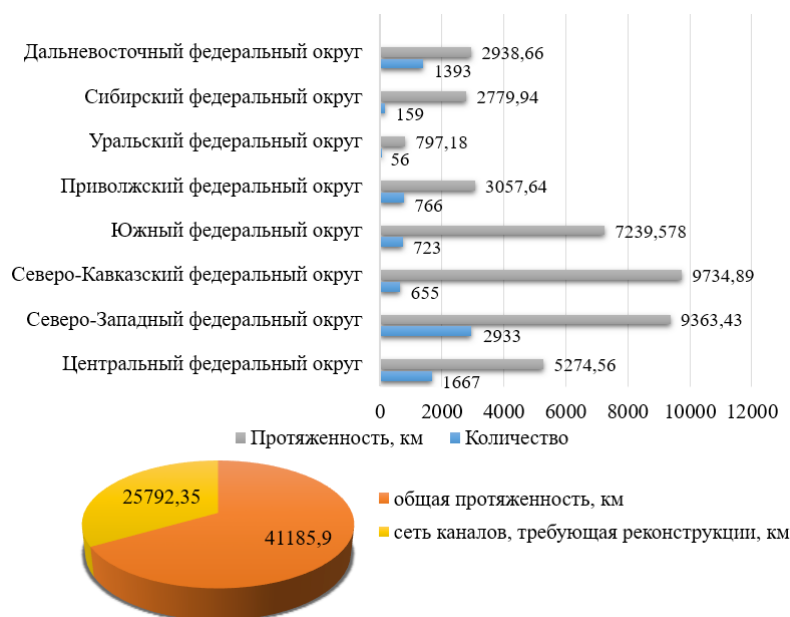


Рис. 3. Протяженность и количество каналов по федеральным округам

Fig. 3. Length and number of canals by federal districts

К причинам снижения эффективности функционирования каналов мелиоративных систем относятся [9]:

1. *Потери воды на фильтрацию через дно и откосы каналов*, которые в несколько раз превышают все остальные виды потерь. Такие потери зависят от типа и характеристик грунта, глубины уровня грунтовых вод, гидравлических характеристик, величины смоченной поверхности каналов, мутности воды и др.

2. *Потери воды на испарение*. Как правило, они не превышают 5% от общей величины потерь ввиду малой водной поверхности в каналах, с которой происходит испарение. С увеличением параметров канала и снижением скорости воды величина потерь на испарение будет неуклонно возрастать.

3. *Потери воды при водоучете*. Значительную долю составляют потери в случае неправильного учета воды при ее распределении. Необходимость поддержания горизонтов воды в каналах, отсутствие или применение устаревших приборов водоучета, погрешности измерения, техническое несовершенство мелиоративных систем оказывают влияние на потери воды.

В последние годы учеными в области мелиоративной гидротехники проведены обширные исследования, доказывающие необходимость реконструкции водопроводящих гидротехнических сооружений с применением геосинтетических и композитных материалов. В то же время исследования, выполненные производителями геосинтетики (например, «БентИзол» и др.), подтверждают эффективность применения геосинтетики

с целью снижения потерь воды в мелиоративном секторе страны [11-13].

Исследования, выполненные Н.Н. Дубенком, А.Е. Новиковым, Э.Б. Дедовой и др., а также крупными компаниями-производителями полимеров (например, «Сибур»), доказывают эффективность применения закрытой сети из трубопроводов на мелиоративных системах (особенно в регионах с жарким климатом) с целью снижения потерь воды на фильтрацию и испарение, что позволит повысить КПД до 0,95 и выше [14].

Исследования акад. В.А. Шевченко [15] подтверждают снижение показателей коэффициента полезного действия (КПД) ввиду интенсивных потерь воды на каналах мелиоративных систем: «Физический износ сооружений мелиоративно-водохозяйственного комплекса, достигающий 80% и более, низкие значения КПД мелиоративных систем определяют непроизводительные потери воды при орошении».

В работе [16] отмечается, что ряд намеченных «Водной стратегией Российской Федерации на период до 2020 года» показателей не достигнут. К основным причинам этого отнесены также снижение КПД, дефицит воды и одновременно непроизводительные потери водных ресурсов на уровне 30% и более, снижение уровня технического состояния оросительных систем.

Исследования казахстанских ученых [17] также показали, что потери воды на фильтрацию, составляющие до 50% от водозабора, напрямую связаны с выведением мелиорируемых земель из сельскохозяйственного оборота. Это обусловлено негативным воздействием фильтрационных

вод на прилегающие территории и дополнительными затратами на устройство дренажа и других мероприятий. При этом отмечается, что сокращение таких потерь можно обеспечить «...за счет реконструкции и модернизации оросительных сетей и устройства противофильтрационных облицовок каналов» [17].

Согласно исследованиям Г.К. Ризенкампа [18] сумма потерь воды в необлицованных каналах при транспортировке и водораспределении (ΣQ_i) достигает весьма больших значений, а КПД таких каналов является невысоким. На практике получается, что среднестатистические значения КПД подавляющего большинства необлицованных каналов (преимущественно магистральных и распределительных) находятся в пределах 0,66, то есть, порядка 1/3 воды по-прежнему теряется на фильтрацию при ее транспортировке.

На рисунке 4 представлены обобщенные сведения о типах русел каналов мелиоративных систем в процентном соотношении, полученные по результатам обобщения исследований [2, 5, 7, 9] и натурным данным. В то же время в классических исследованиях об основах ирригации [18] делается вывод о том, что новые необлицованные каналы мелиоративных систем имеют КПД ниже (порядка 0,40), чем находящиеся в длительной эксплуатации (0,65-0,70). В таком случае одним из ключевых показателей эффективности функционирования каналов, и как следствие – увеличения площадей орошения, необходимо считать техническое состояние мелиоративной инфраструктуры и гидротехнических сооружений.

Результаты и их обсуждение. Эксплуатация каналов мелиоративных систем неразрывно связана с двумя взаимовлияющими процессами: фильтрацией и гидравликой, что напрямую влияет на эксплуатационную надежность всей мелиоративной системы.

Выделим взаимосвязь фильтрационных и гидравлических особенностей эксплуатации каналов мелиоративных систем:

1. Влияние гидравлических процессов на фильтрационный режим каналов. Высокие скорости течения водного потока (как гидравлический фактор) и волновые явления приводят к разрушению защитных покрытий каналов, деформациям грунтовых русел. В результате создаются дополнительные пути фильтрации, снижаются физико-механические показатели конструкций гидротехнических сооружений, возникают риски образования аварийных ситуаций, что наиболее характерно для каналов.

2. Влияние фильтрационных процессов на гидравлический режим работы каналов. Процессы фильтрации из канала могут приводить к суффозии, образуя пустоты в дамбах каналов либо за облицовкой, создаются дополнительные гидравлические сопротивления, увеличивается шероховатость русел. В результате снижается пропускная способность каналов, происходят заиливание и зарастание русел, деформации ложа и откосов [19, 20].

3. Влияние зарастания и фильтрационных процессов. Результаты расчетов и исследований [21-23] наглядно демонстрируют, что не всегда зарастание оросительных каналов растительностью приводит к увеличению фильтрационных потерь. Как правило, длительно эксплуатируемые грунтовые (в том числе заросшие) каналы подвержены заиливанию и кольматации с течением времени и характеризуются меньшими потерями воды на фильтрацию по сравнению с теми, что подвергаются уходным работам (очистке от заиливания, удалению растительности), а также частично облицованные с нарушенными защитными (особенно бетонными и железобетонными) покрытиями.

На основании обобщенных исследований гидравлической эффективности оросительных каналов [8] отметим, что повышение показателя при зарастаемости оказывает значительное влияние на их функционирование, и как следствие – на потери воды, техническое состояние мелиоративных систем. Так, зарастание каналов в земляном русле повышает гидравлическую шероховатость в 2,5-4,0 раза (по данным 15 каналов и их участков [8]), что приводит к снижению их пропускной способности, недополучению воды конечным потребителем, повышению эксплуатационных и других затрат.

На рисунке 5 представлен график зависимости КПД и коэффициента шероховатости на каналах мелиоративных систем в зависимости от расходов воды.



Рис. 4. Сводные данные о типах русел каналов

Fig. 4. Summary data on types of canals channels

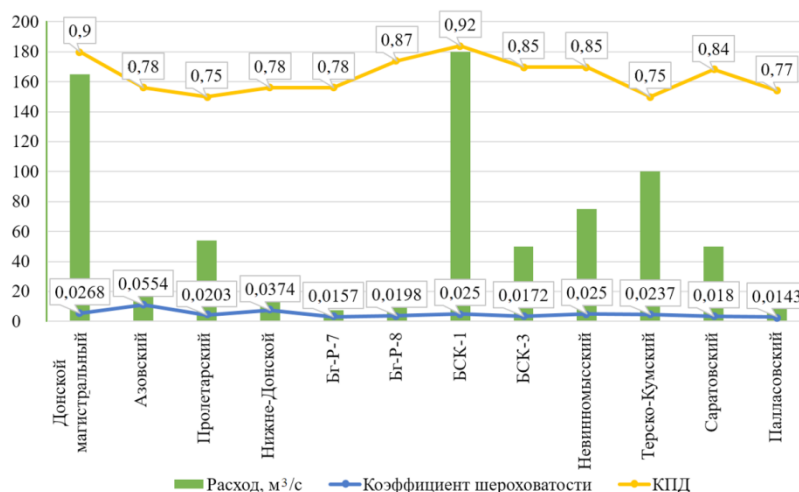


Рис. 5. График зависимости КПД и коэффициента шероховатости на каналах

Fig. 5. Graph of the dependence of efficiency and coefficient of roughness on the canals

В работах [24, 25] выделяют следующие основные критерии технической эффективности и эксплуатационной надежности каналов [25]:

- 1) по пропускной способности:

$$\alpha' \cdot Q_{\text{пр}} \leq Q \leq Q_{\text{пр}}; \quad (1)$$

- 2) по допустимым скоростям:

$$U_{\text{нез}} < U \leq U_{\text{нер}}; \quad (2)$$

- 3) по относительной ширине русла:

$$\beta_{\text{г.н}} < \beta \leq \beta_{\text{max}}; \quad (3)$$

- 4) по коэффициенту полезного действия:

$$\beta' \cdot \eta_{\text{нор}} \leq \eta \leq \eta_{\text{нор}}; \quad (4)$$

- 5) по показателю технического состояния:

$$\sigma' \cdot P_{\text{Т.С.пр}} \leq P_{\text{Т.С}} \leq P_{\text{Т.С.нр}}; \quad (5)$$

- 6) по показателю безопасности работы:

$$P_{\text{бнор}} \leq P_{\text{б}} \leq P_{\text{бmax}}, \quad (6)$$

где Q , $Q_{\text{пр}}$ — фактическая и проектная пропускная способность; α' — показатель снижения пропускной способности; U , $U_{\text{нез}}$, $U_{\text{нер}}$ — допускаемая незаилающая и неразмывающая скорости; β , $\beta_{\text{г.н}}$, β_{max} — фактическая, гидравлически наивыгоднейшая и максимальная относительная ширина канала по дну; η , $\eta_{\text{нор}}$ — фактический и нормативный КПД; β' — показатель снижения КПД вследствие влияния неучтенных факторов; $P_{\text{б}}$, $P_{\text{бнор}}$ — фактический и нормативный (по СП 58.13330.2019) показатели безопасной работы; $P_{\text{бmax}}$ — максимальное значение показателя безопасной работы (соответствующее для ГТС I класса); $P_{\text{Т.С.}}$, $P_{\text{Т.С.пр}}$ — показатели технического состояния канала (фактический и требуемый); σ' — коэффициент снижения показателя технического состояния.

В таблице 1 представлено влияние основных параметров (гидравлических, фильтрационных, технического состояния и КПД) на показатели технической эффективности и надежности, и как следствие — снижение площадей орошения. Как следует из данных таблицы 1,

эксплуатационные параметры каналов мелиоративных систем находятся в тесной взаимосвязи, причем гидравлические и фильтрационные характеристики выступают в качестве первичных факторов, а КПД является интегральным показателем, обобщающим их влияние. Снижение гидравлической эффективности и увеличение фильтрационных потерь приводят к уменьшению значения КПД ниже нормативного, что ведет не только к уменьшению объема подачи воды потребителям (снижению технической эффективности), но и к росту аварийных ситуаций, подтоплению и деградации орошаемых земель, снижению безопасности гидротехнических сооружений (снижению эксплуатационной надежности).

Последствия снижения технической эффективности и эксплуатационной надежности каналов заключаются в фактическом снижении орошаемых площадей, в том числе ввиду отсутствия технической возможности системы подавать требуемый объем воды на орошение.

В таблице 2 представлены сценарии, основанные на принципе влияния показателей КПД на объем оросительной воды и орошаемую площадь.

Представленные сценарии демонстрируют прямую зависимость коэффициента полезного действия оросительной сети (η) и доли воды, фактически доходящей до потребителей. Снижение показателя (η) с нормативного до низкого приводит к росту потерь воды с 3 до 40%, что в свою очередь сокращает фактически орошаемую площадь от проектной до 60-74%. В «низком» сценарии, помимо снижения урожайности, могут проявляться процессы деградации почв, а именно вторичное засоление, подтопление, заболачивание или опустынивание.

Таблица 1. Влияние эксплуатационных параметров и технического состояния на эксплуатационную надежность и техническую эффективность каналов мелиоративных систем

Table 1. Influence of operational parameters and technical condition on operational reliability and technical efficiency of channels of reclamation systems

Параметр	Фактор	Влияние на техническую эффективность	Влияние на эксплуатационную надежность
Гидравлический	Изменение гидравлических характеристик русла (коэффициент шероховатости, n), увеличение смоченного периметра и живого сечения, снижение гидравлического радиуса и средней скорости водного потока	Увеличение гидравлических сопротивлений и снижение пропускной способности канала приводит к невозможности подачи расчетного объема воды в установленный срок	Переливы воды через дамбы и разрушение откосов снижают общую надежность гидротехнических сооружений, колебание уровней воды влияет на характер потерь
Фильтрационный	Высокий коэффициент фильтрации грунтов основания, свободная и (или) подпертая фильтрация (при близком залегании УГВ на глубине 0,3-2,5 м)	Фильтрационные потери напрямую снижают КПД мелиоративной системы, и как следствие – их техническую эффективность	Увеличивается риск подтопления прилегающих территорий, заболачивания и вторичного засоления почв, что ведет к деградации орошаемых земель, выбытию их из сельскохозяйственного оборота
Техническое состояние	Зарастание и заиливание русла, деформации откосов (размывы, оползание), разрушение защитных покрытий, деформационных и гидроизоляционных швов	Увеличивается шероховатость и уменьшается живое сечение канала, что приводит к снижению пропускной способности	Повышается аварийность (разрушение сооружений, снижение эксплуатационных характеристик), снижаются срок службы и безотказность работы системы в целом
Коэффициент полезного действия	КПД магистрального канала (η) – интегральный показатель, зависящий от гидравлических и фильтрационных потерь. Нормативное значение регламентируется в соответствии с СП 100.13330.2016 ⁷	При снижении КПД ниже нормативного значения система не может обеспечить требуемую эффективность использования водных ресурсов	Характеризует общую надежность системы водоподдачи; низкий КПД требует постоянного регулирования объема водоподдачи; повышается риск дефицита для водопотребителей

Таблица 2. Сценарии влияния КПД на орошаемые площади и потери воды

Table 2. Scenarios of efficiency impact on irrigated areas and water losses

Показатель Indicator	Нормативный сценарий ($\eta = 0,90-0,97$) / Normative Scenario ($\eta = 0,90-0,97$)	Пониженный сценарий ($\eta = 0,75-0,89$) / Reduced Scenario ($\eta = 0,75-0,89$)	Низкий сценарий ($\eta = 0,60-0,74$) / Low scenario ($\eta = 0,60-0,74$)
Подача воды к голове канала, $W_{\text{год}}, \text{млн м}^3$ / Water supply to the head of the canal, $W_{\text{head}}, \text{million m}^3$	100	100	100
Потери (фильтрация, испарение, сбросы), % / Losses (filtration, extraction, discharges), %	3-10%	11-25%	26-40%
Подача воды потребителям, $W_{\text{потр}}, \text{млн м}^3$ / Water supply to consumers, $W_{\text{cons}}, \text{million m}^3$	90-97	75-89	60-74
Фактически орошаемая площадь, $F_{\text{факт}} (\% \text{ от проектной})$ / Actual irrigated area, $F_{\text{actual}} (\% \text{ of project area})$	90-97%	75-89%	60-74%
Сокращение орошаемой площади, % / Reduction of irrigated area, %	3-10%	11-25%	26-40%
Последствия для орошаемого земледелия / Impact on irrigated agriculture	Урожайность соответствует плану / Yields match the plan	Недополив сельскохозяйственных угодий, снижение орошаемых площадей, уменьшение урожайности / Underwatering of agricultural land, reduction of irrigated areas, decrease in yields	Снижение урожайности, вывод сельхоз земель из оборота, вторичное засоление и заболачивание почв / Decrease in yields, withdrawal of agricultural land from circulation, secondary salinization and waterlogging of soils

⁷ Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85: СП 100.13330.2016: утв. Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г.: введ. в действие с 17 июня 2017 г. М.: Изд-во стандартов, 2017. 209 с.

Гидравлические характеристики водного потока непосредственно оказывают влияние на фильтрационные параметры как облицованных, так и необлицованных каналов, поэтому при оценке фильтрационных потерь требуется учет гидравлических параметров, а именно скорости течения, глубины заполнения, гидравлической шероховатости.

Выводы

1. Анализ результатов исследований показал, что лишь порядка 13,3% каналов мелиоративных систем соответствует проектному (нормативному) техническому состоянию, а более 20,5% находится в ограниченно работоспособном и неработоспособном состояниях; данные мониторинга по 25% сооружений отсутствуют. Техническое состояние мелиоративных каналов не только напрямую снижает безопасность и надежность гидротехнических сооружений, но и влияет на развитие орошаемого земледелия в целом. При этом среднестатистические показатели КПД подавляющего большинства необлицованных каналов не превышают 0,66 (при нормативном значении ($\eta = 0,90-0,97$), а потери воды достигают 40% от общего водозабора. Недооценка проблем фильтрации и гидравлической эффективности каналов

мелиоративных систем значительно повышает риски недополучения урожаев, особенно в засушливых регионах. Решению вопроса потерь воды на мелиоративных системах требуется уделять внимание не как технической, а как стратегической государственной задаче в рамках обеспечения продовольственной безопасности страны.

2. Для поддержания устойчивого функционирования мелиоративных систем и увеличения площадей орошаемого земледелия, наращивания объемов производства сельхозпродукции Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации одним из направлений предусмотрено снижение потерь в сельском хозяйстве. Кроме того, для достижения целевых показателей, предусмотренных Государственной программой эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации (с 2022 по 2031 гг.), необходим комплексный подход, включающий в себя: реконструкцию подавляющего большинства гидротехнических сооружений и мелиоративной инфраструктуры; применение закрытой водопроводящей сети в регионах с жарким климатом; внедрение современных технологий водочета на мелиоративных системах.

Список использованных источников

1. Колганов А.В., Масный Р.С., Балакай Г.Т. Потенциал мелиорированных земель России // Мелиорация и гидротехника. 2026. Т. 16, № 1. С. 1-18. DOI: 10.31774/2712-9357-2026-16-1-1-18
2. Дубенок Н.Н., Ольгаренко Г.В. Перспективы восстановления мелиоративного комплекса Российской Федерации // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 2. С. 56-59. DOI: 10.30850/vrsn/2021/2/56-59. EDN: NUEFIY
3. Козлов Д.В. и др. Вода или нефть? Создание единой водохозяйственной системы: Монография / Под ред. Д.В. Козлова. М.: МППА БИМПА, 2008. 456 с. EDN: TEXWGP
4. Баев О.А. Развитие исследований, посвященных теории фильтрации из каналов // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 1. С. 130-154. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-1-130-154>. EDN: HOAVHG
5. Ольгаренко Д.Г. Технический уровень и эффективность эксплуатации мелиоративных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 4 (20). С. 287-295. EDN: UXLZTL
6. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Бакланова Д.В. Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 282 с. EDN: WUYTAT
7. Косиченко Ю.М. Каналы переброски стока России: Учебное пособие. Новочеркасск: НГМА, 2004. 240 с. EDN: RNTAIR
8. Косиченко Ю.М., Баев О.А. Гидравлическая эффективность оросительных каналов при эксплуатации // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15, № 8. С. 1147-1162. EDN: OUXBGA

References

1. Kolganov A.V., Masnyj R.S., Balakaj G.T. Potencial meliorirovannyh zemel' Rossii // Melioraciya i gidrotekhnika. 2026. Vol. 16, No 1. P. 1-18. DOI: 10.31774/2712-9357-2026-16-1-1-18
2. Dubenok N.N., Ol'garenko G.V. Perspektivy vosstanovleniya meliorativnogo kompleksa Rossijskoj Federacii // Vestnik rossijskoj sel'skhozaystvennoj nauki. 2021. No 2. P. 56-59. DOI: 10.30850/vrsn/2021/2/56-59. EDN: NUEFIY
3. Voda ili neft'? Sozdanie edinoj vodohozaystvennoj sistemy / D.V. Kozlov [i dr.]; pod red. D.V. Kozlova. M.: MPPA BIMPA, 2008. 456 p. EDN: TEXWGP
4. Baev O.A. Razvitie issledovanij, posvyashchennyh teorii fil'tracii iz kanalov // Melioraciya i gidrotekhnika. 2025. Vol. 15, No 1. P. 130-154. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-1-130-154>
5. Ol'garenko D.G. Tekhnicheskij uroven' i effektivnost' ekspluatcii meliorativnyh sistem // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2015. Vol 4 (20). P. 287-295. EDN: HOAVHG
6. Shchedrin V.N. Obespechenie bezopasnosti i nadezhnosti nizkonapornyh gidrotekhnicheskikh sooruzhenij / V.N. Shchedrin Yu.M. Kosichenko D.V. Baklanova. Novocherkassk: RosNIIPM, 2016. 282 p. EDN: WUYTAT
7. Kosichenko Yu.M. Kanaly perebroski stoka Rossii. Novocherkassk: NGMA, 2004. 240 p. EDN: RNTAIR
8. Kosichenko Yu.M., Baev O.A. Gidravlicheskaya effektivnost' orositel'nyh kanalov pri ekspluatcii // Vestnik MGSU. — 2020. Vol. 15. No 8. Pp. 1147-1162. EDN: OUXBGA
9. Talalaeva V.F., Baev O.A. Rezul'taty ocenki koefficienta poleznogo dejstviya neoblicovannyh meliorativnyh

9. Талалаева В.Ф., Баев О.А. Результаты оценки коэффициента полезного действия необлицованных мелиоративных каналов // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 1. С. 23-42. DOI: 10.31774/2712-9357-2025-15-1-23-42. EDN: EUKHKB
10. Кузьмичев А.А. Обоснование приоритетности и очередности проведения ремонтно-восстановительных работ на мелиоративных системах на примере канала Бг-Р-8-1 Багаевской оросительной системы // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 4. С. 231-242. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-4-231-242
11. Косиченко Ю.М., Баев О.А., Яковлев В.А. Об эффективности применения бентонитовых геокомпозилов на объектах водохозяйственного комплекса // Гидротехника. 2022. № 1. С. 65-69. EDN: FMQJSN
12. Ищенко А.В., Баев О.А. Оценка эффективности противотрационного экрана на Донском магистральном канале // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, № 4. С. 67-72. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.11. EDN: YVSVJR
13. Беляков О.А., Абдразаков Ф.К. Изучение эффективности использования гидроизоляционных материалов на облицованных оросительных каналах // Основы рационального природопользования: Материалы XI Национальной конференции с международным участием. Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2025. С. 26-31. EDN: PXSXFC
14. Данилов-Данильян В.И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России / Институт устойчивого развития; Центр экологической политики России. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. 88 с.
15. Шевченко В.А., Исаева С.Д., Дедова Э.Б., Наумова Т.В. Современные вопросы совершенствования организационно-правовой базы мелиорации земель // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 1. С. 63-67. EDN: OLADUT
16. Шевченко В.А., Исаева С.Д., Дедова Э.Б. Новый этап развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса Российской Федерации // Вестник Российской академии наук. 2023. Т. 93, № 4. С. 355-361. EDN: SDJBQR
17. Способ устранения фильтрационных потерь воды на оросительным межхозяйственным и внутрихозяйственных каналах: Патент КЗ № 31365 / Умбетаев И., Абишев И.А., Бигараев О.К. Оpubл. 29.07.2016; Бюл. № 8.
18. Ризенкамф Г.К. Основы ирригации. Т. 1. Л.: 2-я тип. Транспечати НКПС им. тов. Лоханкова, 1925. 604 с.
19. Игнатенко Е.В., Брянская Ю.В. Распределение скоростей в каналах различной геометрии и шероховатости // Гидротехническое строительство. 2023. № 4. С. 50-53. EDN: TQMPBC
20. Шкура В.Н., Шевченко А.В. О коэффициенте шероховатости и параметре Шези для гидравлического расчета рыбоходно-нерестовых каналов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92, № 1. С. 226-245
21. Косиченко Ю.М., Гуринов К.Г. Определение приведенного коэффициента шероховатости для неоднородного русла по длине // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 1997. № 3. С. 85-88
22. Гуринов К.Г. Оценка гидравлической эффективности каналов // Мелиорация и водное хозяйство: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения), г. Новочеркасск, 25 сентября 2024 г. Новочеркасск: Лик, 2024. С. 189-194
23. Ткачев А.А., Ольгаренко И.В. Современные проблемы в управлении водораспределением 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
24. Колганов А.В., Косиченко Ю.М. Гидравлическая эффективность и надежность оросительных каналов. М.: Издательство «Roma», 1997. 160 с. EDN: NTBGA
25. Kuz'michev A.A. Obosnovanie prioritetnosti i ocherednosti provedeniya remontno-vosstanovitel'nykh rabot na meliorativnykh sistemah na primere kanala Bg-R-8-1 Bagayevskoy orositel'noy sistemy // Melioraciya i gidrotekhnika. 2024. Vol. 14, No 4. P. 231-242. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-4-231-242.
26. Koshchenko Yu.M., Baev O.A., Yakovlev V.A. Ob effektivnosti primeneniya bentonitovykh geokompozitov na ob'ektakh vodohozyajstvennogo kompleksa // Gidrotekhnika. 2022. No 1. P. 65-69. EDN: FMQJSN
27. Ishchenko A.V., Baev O.A. Ocenka effektivnosti protivofiltratsionnogo ekrana na Donskom magistral'nom kanale // Gradostroitel'stvo i arhitektura. 2017. Vol. 7, No 4. P. 67-72. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.04.11. EDN: YVSVJR
28. Belyakov O.A., Abdrazakov F.K. Izuchenie effektivnosti ispol'zovaniya gidroizolyacionnykh materialov na oblicovannykh orositel'nykh kanalakh // Osnovy racional'nogo prirodopol'zovaniya: materialy XI Nacional'noj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Saratov: FGBOU VO Vavilovskij universitet, 2025. P. 26-31. EDN: PXSXFC
29. Danilov-Daniilyan V.I. Vodnye resursy mira i perspektivy vodohozyajstvennogo kompleksa Rossii. – M.: OOO «Tipografiya LEVKO», Institut ustojchivogo razvitiya / Centr ekologicheskoy politiki Rossii, 2009. 88 p.
30. Shevchenko V.A. Sovremennyye voprosy sovershenstvovaniya organizacionno-pravovoj bazy melioratsii zemel' / V.A. Shevchenko, S.D. Isaeva, E.B. Dedova, T.V. Naumova // Vestnik rossijskoy sel'skhozoyajstvennoy nauki. 2023. No 1. P. 63-67. EDN: OLADUT
31. Shevchenko V.A., Isaeva S.D., Dedova E.B. Novyy etap razvitiya meliorativno-vodohozyajstvennogo kompleksa Rossijskoy Federatsii // Vestnik Rossijskoy akademii nauk. 2023. Vol. 93. No 4. P. 355-361. EDN: SDJBQR
32. Patent KZ № 31365. Sposob ustraneniya fil'tracionnykh poter' vody na orositel'nykh mezhkhozoyajstvennom i vnutrihozyajstvennykh kanalakh. Umbetaev I., Abishev I.A., Bigaraev O.K., opubl. 29.07.2016, byul. № 8.
33. Rizenkamp G.K. Osnovy irrigatsii. T. 1. L.: 2-ya tip. Transpechati NKPS im. tov. Lohankova, 1925. 604 p.
34. Ignatenko E.V., Bryanskaya Yu.V. Raspredelenie skorostej v kanalakh razlichnoj geometrii i sherohovatosti Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. 2023. No 4. P. 50-53. EDN: TQMPBC
35. Shkura V.N., Shevchenko A.V. O koeffitsiente sherohovatosti i parametre Shezi dlya gidravlicheskogo rascheta rybohodno-nerestovyykh kanalov // Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2024. Vol. 92, No 1. P. 226-245.
36. Koshchenko Yu.M., Gurin K.G. Opredelenie privedennogo koeffitsienta sherohovatosti dlya neodnorodnogo rusla po dline // Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskij region. Tekhnicheskie nauki, 1997. No 3. P. 85-88.
37. Gurin K.G. Ocenka gidravlicheskoy effektivnosti kanalov // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo: materialy Vserossijskoy nauchno-prakticheskoy konferencii (Shumakovskie chteniya), g. Novocherkassk, 25 sent. 2024 g. Novocherkassk: Lik, 2024. P. 189-194.
38. Tkachev A.A., Ol'garenko I.V. Sovremennyye problemy v upravlenii vodoraspredeleniem v magistral'nykh kanalakh orositel'nykh sistem // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii. 2021. Vol. 11, No 2. P. 123. DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-1-23. EDN: NTRFMJ
39. Kolganov A.V., Koshchenko Yu.M. Gidravlicheskaya effektivnost' i nadezhnost' orositel'nykh kanalov. M.: Izdatel'stvo «Roma», 1997. 160 p. EDN: NTBGA

24. Колганов А.В. Косиченко Ю.М. Гидравлическая эффективность и надежность оросительных каналов: Монография. М.: Издательство «Рома», 1997. 160 с. EDN: NTBGAА

25. Косиченко Ю.М., Угроватова Е.Г. Гидравлическая эффективность и эксплуатационная надежность крупных каналов территориального перераспределения стока // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 2 (10). С. 157-174. EDN: QALPEN

Информация об авторах

Роман Степанович Масный – врио директора, канд. воен. наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, AuthorID: 618663, ORCID ID: 0000-0002-6149-5073; rosniiipm@yandex.ru

Олег Андреевич Баев – ведущий научный сотрудник, д-р техн. наук, доцент, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации; AuthorID: 699695, ORCID ID: 0000-0003-0142-4270; Oleg-Baev1@yandex.ru

Дмитрий Сергеевич Рыбалко – аспирант, научный сотрудник Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, ORCID ID: 0009-0001-1838-0131; Ruba4eks@gmail.ru

Вклад авторов

Р.С. Масный – статическая обработка данных, редактирование рукописи.

О.А. Баев – подготовка текста рукописи, выполнение расчетов

Д.С. Рыбалко – формулировка выводов, подготовка графических материалов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

Поступила в редакцию / Received 25.03.2026

Поступила после доработки и рецензирования / Received 19.05.2026

Принята к публикации / Accepted 19.05.2026

25. Kosichenko Yu.M., Ugrovatova E.G. Gidravlicheskaya effektivnost' i ekspluatatsionnaya nadezhnost' krupnyh kanalov territorial'nogo pereraspredeleniya stoka // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2013. No 2 (10). P. 157-174. EDN: QALPEN

Information about the authors

Roman S. Masnyi – Acting Director, CSs (military), Russian Research Institute of Land Reclamation Problems, AuthorID: 618663, ORCID ID: 0000-0002-6149-5073; rosniiipm@yandex.ru

Oleg A. Baev – Leading Researcher, DSs (Tech). Associate Professor, Russian Research Institute of Land Reclamation Problems, AuthorID: 699695, ORCID ID: 0000-0003-0142-4270; AuthorID: 699695, ORCID ID: 0000-0003-0142-4270; Oleg-Baev1@yandex.ru

Dmitry S. Rybalko – Postgraduate Student, Researcher, Russian Research Institute of Land Reclamation Problems, ORCID ID: 0009-0001-1838-0131; Ruba4eks@gmail.ru

Contribution of the authors

R.S. Masny – static data processing, manuscript editing.

O.A. Baev – preparation of the text of the manuscript, performing calculations.

D.S. Rybalko – formulation of conclusions, preparation of graphic materials.