

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Обзорная статья
УДК 631.67

Полив земель в условиях сложного рельефа местности в разрезе времени

Александр Сергеевич Лебедев

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар,
Российская Федерация, lebedev_alex96@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-8801-5066>

Аннотация. **Цель:** обзор литературных источников с целью определения дальнейших путей развития технологии полива на наклонных участках. **Обсуждения.** В данной работе рассмотрели основные важные проблемы: дефицит воды для орошения, проведение полива по площадям, доставка воды на склон, осуществление фильтрации воды и доставка ее до конечного водопотребителя. При этом проблемы, связанные с дефицитом влаги и осуществлением полива на склоне, пробовали решать разными путями как в различные эпохи древности, так и в последующем. Также немалозначимый вопрос – проведение фильтрации воды и очистка ее от примесей. В разные эпохи древности использовали различные способы и методы очистки воды, а также удаления неприятного запаха (для застоялой воды). Рассмотренные разнообразные способы и методы очистки воды получили продолжение в дальнейшем для решения вышеназванной проблемы, способы фильтрации в древние времена послужили основой для развития современных способов очистки воды. **Выводы.** На основании анализа литературных источников, касающихся различных методов и технологий полива на наклонных участках, установлено, что наиболее эффективным способом является внутрисочвенное орошение. Однако для его реализации необходимо обеспечить доступ к качественной воде, а также в случае выращивания сельскохозяйственных культур на склоне – доставку воды на его вершину и ее равномерное подпочвенное распределение по всему склону. Анализ источников показал, как в разные эпохи осуществлялась очистка воды и какие технологии используются для этого в настоящее время.

Ключевые слова: дефицит воды для орошения, доставка воды, способы очистки воды, фильтрация, склон

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 19 февраля 2025 г.).

Для цитирования: Лебедев А. С. Полив земель в условиях сложного рельефа местности в разрезе времени // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 95, № 1. С. 225–247.

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

Review article

Irrigation under the conditions of rough terrain in the context of time

Alexander S. Lebedev

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation,
lebedev_alex96@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-8801-5066>

Abstract. Purpose: literature review to determine further development paths of irrigation technology on sloping areas. **Discussion.** The main important problems: water deficit for irrigation, area irrigation, water delivery to the slope, water filtration and its delivery to the end user are considered. At the same time, the problems associated with moisture deficit and irrigation on the slope were tried to be solved in different ways both in different eras of antiquity and later. Another important issue is water filtration and purification from impurities. In different eras of antiquity, various methods and techniques were used to purify water, as well as remove unpleasant odors (for stagnant water). The various methods and techniques of water purification considered were used later to solve the above-mentioned problem; filtration methods in ancient times were the basis for the development of modern water purification methods. **Conclusions.** Based on the analysis of literary sources concerning various methods and technologies of irrigation on sloping areas, it was determined that the most effective method is subsurface irrigation. However, for its implementation it is necessary to provide access to high-quality water, and in the case of growing agricultural crops on a slope – water delivery to its top and its uniform subsurface distribution over the entire slope. The analysis of sources showed how water was purified in different eras and what technologies are used for this at present.

Keywords: water shortage for irrigation, water delivery, water purification methods, filtration, slope

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 19, 2025).

For citation: Lebedev A. S. Irrigation under the conditions of rough terrain in the context of time. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2025;95(1):225–247. (In Russ.).

Введение. Развитие сельскохозяйственной культуры невозможно представить без своевременного и качественного полива. Это приобретает особенное значение при выполнении сельхозработ на плодородных площадях, имеющих наклонное расположение относительно горизонта (горные, предгорные районы, холмистые участки и др.), на которых зачастую существуют проблемы, связанные с поливом этих площадей [1–6]. То есть бывает сложно не только доставить воду для полива к верхней границе наклонного участка [7–11], но и обеспечить ее необходимые объемы для полива и равномерного распределения по всей площади склона [12–16]. При этом зачастую в верхней части участка наблюдается дефицит воды вследствие ее перемещения вниз по склону под действием силы тяжести, а в нижней – переизбыток воды по той же причине. В то же время интенсификация полива в верхней части склона часто приводит к значительному

перерасходу воды в результате лишь частичного ее впитывания в почву, при этом основная, большая ее часть перемещается вниз по склону, где скапливается и образует заболоченные участки.

Обсуждение. В настоящий момент на территории Краснодарского края наблюдается дефицит воды для сельскохозяйственной деятельности. Как известно, на этой территории, да и в других районах нашей страны и мира, существуют участки с естественными уклонами, на которых выращивают сельскохозяйственную культуру (зерновые, кормовые, технические, овощные, плодовые и т. д.). Особенно остро стоит вопрос доставки воды и распространения ее в зоне корневых систем сельскохозяйственных растений в предгорной и горной местности. На рисунке 1 изображена схема геоморфологического районирования Краснодарского края [17].

Решением задачи обеспечения сельхозкультур, выращиваемых на наклонных участках, поливной водой в необходимых объемах занимались многие исследователи. Еще в древности [18–20] сельхозпроизводители задумывались над тем, как не только доставить поливную воду к вершине наклонного участка, но и как впоследствии ее удержать с целью равномерного распределения по всему склону.

Так, Египетская цивилизация использовала изобретение рычага для устройства с ведром на одной стороне, а на другой применялся противовес, что облегчало доставку воды на холм [18]. На рисунке 2 показано, как она осуществлялась.

Также имела значение разработка водяного колеса, состоявшего из двух колес: в первом животное ходило и приводило в движение основное, внутри которого были закреплены глиняные кувшины. Данное колесо при использовании черпало воду глиняными кувшинами и непрерывно подавало ее в резервуар. Это приспособление распространилось не только в Египте, но и в Азии, Европе. На рисунке 3 показано водяное колесо Древнего Египта.



1 – высокие складчато-глыбоватые горы на доюрских структурах; 2 – среднегорный и высокогорный рельеф эрозионно-тектонических депрессий; 3 – высокие эрозионно-тектонические горы на раннеальпийских структурах; 4 – средневысокие куэсты; 5 – средневысокие и низкие альпийские структурно-денудационные горы; 6 – низкие горы и возвышенности новейших структур; 7 – наклонные аллювиальные террасные структуры; 8 – прибрежные юрские террасы; 9 – лессовые аккумулятивно-эрозионные равнины; 10 – древнедельтовые равнины; 11 – низкие равнины современной дельты; 12 – холмистые равнины с грязевыми сопками

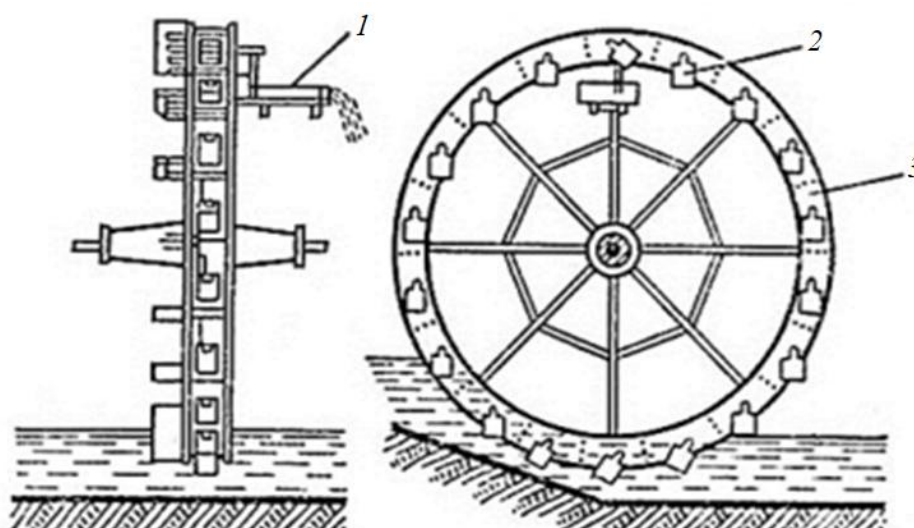
1 – high folded-block mountains on pre-Jurassic structures; 2 – mid-mountain and high-mountain relief of erosion-tectonic depressions; 3 – high erosion-tectonic mountains on early Alpine structures; 4 – medium-high cuestas; 5 – medium-high and low Alpine structural-denudation mountains; 6 – low mountains and uplands of the newest structures; 7 – inclined alluvial terrace structures; 8 – coastal Jurassic terraces; 9 – loess accumulative-erosion plains; 10 – ancient deltaic plains; 11 – low plains of the modern delta; 12 – hilly plains with mud volcanoes

**Рисунок 1 – Схема геоморфологического районирования
 Краснодарского края (по И. Н. Сафронову, 1969)**

**Figure 1 – Geomorphological zoning scheme of Krasnodar
 Territory (according to I. N. Safronov, 1969)**



Рисунок 2 – Доставка воды на склон в Древнем Египте [18]
Figure 2 – Water delivery to a slope in Ancient Egypt [18]



1 – лоток; 2 – кувшин; 3 – колесо

1 – tray; 2 – jug; 3 – wheel

Рисунок 3 – Водяное колесо Древнего Египта
Figure 3 – Water wheel of Ancient Egypt

В Древнем Вавилоне было создано одно из самых значимых гидротехнических сооружений – висячие сады Семирамиды [19]. Данные сады высоко располагались над стенами древнего города. Снабжение водой осуществлялось при помощи системы, состоящей из трех штатных колод-

цев и водоподъемных сооружений. На рисунке 4 показано гидротехническое сооружение – висячие сады Семирамиды в Древнем Вавилоне.



Рисунок 4 – Гидротехническое сооружение – висячие сады Семирамиды в Древнем Вавилоне (гравюра немецкого художника Фердинанда Кнаба XIX в.)

Figure 4 – Hydraulic structure – the Hanging Gardens of Semiramis in Ancient Babylon (engraving by the German artist Ferdinand Knab, 19th century)

В Персидской империи использовалась подземная система каналов [20]. Ее преимущество было обусловлено тем, что в засушливое время года вода внутри каналов не испарялась и ее можно было транспортировать на большие расстояния. Также к преимуществам этой системы можно отнести и устойчивость к землетрясениям. Данная подземная гидротехническая система использовалась для водопровода и орошения. Она состояла из вертикальных шахт, смотровых колодцев, тоннеля с каналом, подземных цистерн (в них вода скапливалась и далее использовалась по назначению). Подземный канал, «канат», соединял место потребления с подземным водяным слоем, который располагался у подножья гор. В колодцах накапливалась вода после таяния снегов с горных склонов, и через каждые 25–30 м устанавливались вертикальные световые и вентиляционные шахты [18]. Схема устройства подземного канала изображена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Схема устройства подземного канала в Персидской империи

Figure 5 – Diagram of the underground canal in the Persian Empire

Перемещение воды от одного источника к другому по трубопроводам или каналам было изобретено во времена Римской империи. Акведуки представляли собой систему гидротехнических сооружений для подачи воды от отдаленных источников к городам [18, 19]. Перемещение воды по каналам осуществлялось при равномерном угле наклона канала в сторону города за счет действия силы тяжести. На рисунке 6 изображен акведук времен Римской империи.



Рисунок 6 – Акведук времен Римской империи (автор фото Шон Павон)

Figure 6 – Aqueduct from the Roman Empire (photo by Sean Pavon)

Как было отмечено выше, земледельцы в древние времена понимали, что без нахождения путей решения проблемы доставки, транспортирования и хранения воды невозможно вести сельскохозяйственную деятельность.

Рассмотренные выше системы полива, применяемые в древности, внесли большой вклад в развитие гидротехнических сооружений, а также технологий и технических средств доставки воды в условиях горной местности. Рассмотрим, какие способы полива сельхозкультур применяются в горной местности в настоящее время. К ним могут быть отнесены следующие виды полива: дождевание, аэрозольное, капельное орошение.

При этом следует особо отметить, что дождевание наряду с имеющимися преимуществами (возможно использовать по секторам, происходит увлажнение верхнего и нижнего слоев почвы) обладает рядом недостатков, а именно: на качество полива влияет ветер, для небольших сельскохозяйственных предприятий затраты на использование дождевальных машин могут быть значительными [21, 22].

Это же можно сказать и о системе капельного полива. Также можно выделить преимущества, связанные с доставкой воды непосредственно к корневой системе растений и др., и недостатки, обусловленные необходимостью выполнения больших объемов земляных работ, в т. ч. поперек склона: нарушение плодородного слоя, установка многочисленных поливочных труб, их соединений, штуцеров, замена фильтрующих элементов, прочистка поливных отверстий, производство эксплуатационных работ [22].

При осуществлении орошения в горной местности сталкиваются со специфическими проблемами:

- перемещение больших масс при течении воды по склону вниз;
- использование водозаборов в горной местности может привести к заиливанию;
- риски возникновения оползней при избыточном увлажнении почвогрунта.

Это отмечает и Л. М. Хажметов [21], указывая, что наиболее перспективные способы орошения плодовых культур в горной местности – дождевание, капельное и аэрозольное орошение. В частности, он указывает, что особенности предгорной и горной местности Северного Кавказа, которая характеризуется сложным рельефом, уклонами свыше 0,1 и раздробленностью участков, вызывают сложности с использованием серийной поливной техники, и отмечает, что для осуществления полива плодовых насаждений в этом регионе требуется провести почвенно-климатический, агробиологический и геоморфологический анализ. Кроме того, в той же работе говорится: в горной местности для соответствия между скоростью впитывания воды в почвогрунт и интенсивностью поступления дождевальной воды наиболее подходящей техникой является система синхронного импульсного дождевания.

Капельное орошение представляет собой разветвленную сеть трубок небольшого диаметра, расположенных на поверхности почвогрунта, через микротрубки или капельницы вода поступает маленькими каплями напрямую к корневой системе растений [23]. Преимущество такого метода заключается в возможности поступления воды напрямую к корневой системе растения, а также минимизируются потери воды на испарение и глубинную фильтрацию. Недостатком данного метода является систематическое засорение капельниц (для решения данной проблемы требуется установить фильтрующий элемент, но и он нуждается в периодической чистке), а также система капельного полива при обильных осадках и движении горных масс может разрушиться и скатиться вместе с ними вниз по склону.

В последнее время в нашей стране для полива виноградников и садов на склоне используется аэрозольное и мелкодисперсное орошение [21].

Мелкодисперсное орошение представляет собой периодическое увлажнение мелкодисперсной водой с помощью распылительных форсунок. Данный вид орошения можно эффективно использовать на почвогрунтах

с уклоном более 0,1. К преимуществам данного способа орошения можно отнести:

- полив не сопровождается подъемом уровня грунтовых вод, что предупреждает заболачивание и засоление орошаемых земель;
- можно применять как в безуклонной местности, так и на участках с уклонами [21].

К недостаткам данного способа орошения можно отнести:

- большие материальные затраты на изготовление дождевальных машин и оросительной сети;
- ветровая нагрузка отрицательно сказывается на равномерности распределения влаги;
- на слабоводопроницаемых почвах имеются трудности с проникновением воды на необходимую глубину [21].

Автор Л. М. Хажметов в своей работе дал оценку способов орошения в горной местности, предложил некоторые варианты решения, рассмотрел использование синхронного импульсного и мелкодисперсного дождевания. Однако не все вопросы, связанные с разработкой технологии полива сельскохозяйственных культур на склонах, были автором [21] решены в полной мере. В частности, не до конца рассмотрены технические аспекты применения дождевальных машин на склонах с определенными значениями уклонов¹.

В своей работе [15] З. Г. Алиев проанализировал имеющиеся многочисленные исследования в области полива сельскохозяйственных культур в горной местности и также пришел к выводу, что этот вопрос изучен не до конца. По мнению автора, для улучшения качества полива необходимо разработать систему синхронного импульсного дождевания, применение которой позволит добиться повышения равномерности распределения оросительной воды

¹ГОСТ Р 58331.2-2019. Системы и сооружения мелиоративные. Машины самоходные дождевальные. Общие требования. Введ. 2019-07-01. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

по площадям, снижения затрат на электроэнергию и уменьшения ударного воздействия на листья растений и почву. Однако автор данной работы не полностью рассмотрел вопрос, каким образом достичь равномерного и постоянного распределения и удержания воды на склоне при поливе.

Немаловажно и качество воды для осуществления полива сельскохозяйственных земель. В ГОСТ 17.1.2.03-90² отмечено, что вода, используемая для орошения, должна соответствовать экологическим, агрономическим, техническим критериям. Также следует отметить, что показатели качества воды, используемой для орошения, подразделяются на две группы: первая группа характеризует свойства воды для орошения и содержание веществ, которые необходимы в некоторых количествах для осуществления нормального функционирования агроэкосистемы; во второй группе отражено содержание веществ, которые оказывают при определенных условиях негативное воздействие на отдельные компоненты агросистемы.

Решением задач по очистке воды занимались еще в древности [24–28]. В Древнем Риме появился один из самых первых фильтров для очистки воды [26, 28]. При помощи данного фильтра воду очищали, пропуская через кору деревьев и хвою. Этот способ очистки воды позволял избавиться от крупных загрязняющих частиц, а также удалить запах застоявшейся воды и улучшить ее вкус. Также в Древнем Риме практиковали очистку воды в акведуках. Здесь для удаления ила из воды устанавливали цистерны, которые играли роль отстойников, в местах сбора воды. На рисунке 7 показан акведук Древнего Рима для очистки воды.

В Древнем Египте существовали другие методы фильтрации воды [22, 27]. Воду отстаивали или фильтровали через песок, шерсть или использовали хлопок. Воду придавали вкус и аромат с помощью лепестков цветов, трав и ягод. Также существовал способ очистки воды при помощи

²ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. Введ. 1991-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1991. 25 с.

сифонов. Данный способ очистки воды основывался на капиллярном эффекте: вода из одного сосуда перетекала в другой по длинной веревке. Взвешенные частицы оставались в первом фильтре или оседали внизу на «фильтре». На рисунке 8 изображен способ очистки воды при помощи сифонов в Древнем Египте.



Рисунок 7 – Акведук Древнего Рима для очистки воды (автор фото Е. Лавриненко-Омецинская)
Figure 7 – Ancient Rome aqueduct for water purification (photo by E. Lavrinenko-Ometsinskaya)



Рисунок 8 – Очистка воды при помощи сифонов в Древнем Египте
Figure 8 – Water purification by siphons in Ancient Egypt

Во времена древних майя существовала уникальная система фильтрации воды [26]. Майя использовали водохранилища с системой очистки. На дне одного из крупных таких водохранилищ (Корриенталь в северной

части Гватемалы) были обнаружены четыре отдельных слоя, состоящих из кристаллов кварца и имеющих толщину в несколько сантиметров. Следует отметить, что каждая кварцевая песчинка была покрыта еще более мелкими кристаллами цеолита (вулканический минерал, у которого имеются хорошие адсорбционные свойства). Совокупность таких кристаллов кварца и цеолита помогала очистить воду от различных токсинов, тяжелых металлов, в т. ч. ртути.

Во времена Древней Греции также использовалась система фильтрации воды [26]. Древнегреческий врач, философ Гиппократ изобрел фильтр очистки воды «Рукав Гиппократа». Способ фильтрации воды заключался в том, что из тканевого мешочка пропускалась вода после кипячения. Также древние греки пробовали опреснять морскую воду: пропускали ее через мембрану из пчелиных сот, задерживающих растворенные в воде соли. Конечно, полностью пресную воду у древних греков не удавалось получить, но вода становилась пригодной для питья.

Во времена Древнего Китая также использовалась система очистки воды [24–26]. Применяли способ очистки воды, заключающийся в отстаивании в прозрачном сосуде, который был расположен в темном холодном месте. Также древние китайцы одними из первых начали применять для очистки воды химические элементы. Они использовали коагулянт для удаления примесей и снижения мутности воды. При этом коагулянт пропитывались камышовые тростинки, которые собирали все нежелательные примеси из воды.

Во времена Древней Руси также использовалась система фильтрации воды. Так, источниками питьевой воды, помимо рек и прудов, служили дождевая вода и талый снег. При этом дождевой водой наполняли бочки, а речную воду фильтровали через слой коры для того, чтобы она выглядела чистой и была пригодной для питья. Немного позже появились колодцы, и за ними нужно было следить, чтобы они оставались чистыми.

Все вышеуказанные способы фильтрации в древние времена послужили основой для развития современных способов очистки воды.

В частности, в своей работе [29] В. П. Коваленко и др. произвели анализ состояния водоснабжения, а также выделили группы загрязнителей источников водоснабжения: высокотоксичные элементы; малотоксичные элементы; бактерии, микробы; органические вещества и нефтепродукты. В. П. Коваленко и др. рассматривают устройства и системы очистки воды, базирующиеся на предварительном озонировании исходной воды с последующей очисткой на фильтрах.

А. Е. Новиков и др. отметили основные причины низкого качества водоснабжения, которое негативно влияет на производство животноводческой продукции [30].

Выбор метода очистки оборудования для конкретной задачи осуществляется исходя из загрязнений, которые содержатся в исходной воде [31].

В работе [32] С. С. Гусев и др. описывают качество воды, используемой в сельском хозяйстве, в т. ч. применяемой для осуществления полива различных сельскохозяйственных культур. С. С. Гусев и др. предлагают вариант решения проблемы – установку озонсорбционной очистки. По мнению авторов данной работы, главное преимущество такой установки – отсутствие регентов (озон является наиболее сильным окислителем и генерируется из воздуха), а также универсальность способа очистки.

Е. В. Кузнецов и др. отмечают, что основные причины неудовлетворительного качества водоснабжения – дефицит мощностей сооружений водоочистки и обеззараживания воды, отсутствие зон санитарной охраны источников водоснабжения, неудовлетворительное состояние распределительных сетей и отдаленность очистных сооружений от источника потребления [33].

В работе [34] И. В. Новикова и др. сравнили различные варианты выбора технологической схемы и состава параметров сооружений для очистки воды на основании анализа данных о качестве воды в источнике по-

требления. Так, авторы рассматривают следующие сооружения для очистки воды: бассейны-циклоны; сетчатые фильтры (применяются для удаления из воды крупных частиц ила, песка, а также служат для предупреждения попадания в трубопроводы больших посторонних предметов); гидроциклоны (используются для удаления минеральных частиц, которые имеют плотность выше, чем вода, или примерно равную ей); барабанные сети и микрофильтры (применяются для удаления водорослей); зернистые фильтры (используются для удаления мелких и грубодисперсных частиц взвеси органического и минерального происхождения и для обезжелезивания исходной воды). Авторы работы И. В. Новикова и др. говорят, что при разных технических задачах следует взвешенно подходить к способу очистки воды, даже, может быть, комбинировать между собой разные способы.

По мнению Е. Н. Луневой и др., на небольших участках орошения до 15–100 га и при заборах воды из водохранилищ должен применяться узел водоочистки, он может включать фильтр-сетки с двумя типоразмерами (данные сетки должны автоматически промываться обратным током воды при достижении заданного уровня перепада давления на них, который фиксирует степень загрязнения) [35].

При осуществлении водозабора из озер, водохранилищ или прочих открытых водоемов с большим цветением воды может быть использована схема, когда вода сначала предварительно хлорируется или обрабатывается медным купоросом, после этого поступает на микрофильтры и затем насосами подкачки подается в водораспределительную сеть [36]. Так, при использовании водоисточников с большим содержанием взвешенных веществ в некоторой схеме (реки, оросительные каналы) может быть применена двухступенчатая очистка воды (на первой ступени используются сетки, микрофильтры и гидроциклоны, отстойники, а на второй ступени можно применять двухслойные гравийно-песчаные зернистые фильтры для удаления минеральных частиц, которые имеют плотность выше, чем плотность

воды). При капельном орошении на больших площадях, 500 га и более, могут использоваться микрофильтры с барабанными металлическими сетками.

В работе [37] А. Е. Новиков и др. проанализировали качественные показатели поливной воды, которая используется в системах малообъемного орошения. Авторы данной работы отметили низкое качество открытых источников воды по критериям, приведенным в их работе. Как отмечается, широкое распространение получили фильтры тонкой и грубой очистки, которые могут работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. Использование реагентных технологий крайне редко из-за возможного химического загрязнения окружающей среды. Может происходить вторичное загрязнение воды окалиной. Оно может быть вызвано перемещением воды по распределительной оросительной сети, состоящей из стальных металлических труб, подверженных коррозии. Для очистки воды А. Е. Новиков и др. предложили использовать гидроциклоны с оптимизированными параметрами, что позволило повысить показатели эффективности и надежности работы систем локального орошения.

Выводы. На основании анализа литературных источников, касающихся различных методов и технологий полива на наклонных участках, установлено, что наиболее эффективным способом является внутривпочвенное орошение. Однако для его реализации необходимо обеспечить доступ к качественной воде, а также в случае выращивания сельскохозяйственных культур на склоне доставку воды на его вершину и ее равномерное подпочвенное распределение по всему склону. Анализ источников также показал, как в разные эпохи осуществлялась очистка воды и какие технологии используются для этого сегодня.

Список источников

1. Демин А. П. Развитие орошения и производство продовольствия в Республике Крым (2014–2020 гг.) // Орошаемое земледелие. 2022. № 3(38). С. 30–34. DOI: 10.35809/2618-8279-2022-3-5. EDN: TXCIPG.
2. Орлова И. В. Учет геоэкологических ограничений при территориальном пла-

нировании оросительных мелиораций // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2014. № 1(13). С. 147–157. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=698> (дата обращения: 09.01.2025). EDN: RXQUWL.

3. Торилов В. Е., Байдакова Е. В., Капошко Н. А. Проблема распределения гидрометеорологических факторов и их влияние на режим орошения и урожайность // Вестник Брянской ГСХА. 2020. № 1(77). С. 27–32. EDN: XWWWZX.

4. Современные изменения мелиоративного состояния орошаемых земель Алтайского края / В. Л. Снежко, Д. М. Бенин, А. В. Шишкин, А. В. Бойко, А. В. Скрипник // Природообустройство. 2022. № 4. С. 13–22. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-13-21. EDN: VUCEVN.

5. Семененко С. Я., Новиков А. Е. Показатели мелиоративного состояния орошаемых земель Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1(69). С. 114–123. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-11. EDN: MPWUNX.

6. Dowgert M. F. The impact of irrigated agriculture on a stable food supply // Proceedings of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference. Kearney, NE, Kansas, 2020. P. 1–11.

7. Орлова И. В. Система регионально-адаптированных индикаторов для целей устойчивой интенсификации орошаемого земледелия // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 4. С. 144–160. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1403> (дата обращения: 09.01.2025). DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-144-160. EDN: NUJCUS.

8. Кутлимуродов У. М. Решения для эффективного использования водных ресурсов в регионах Республики Узбекистан // Символ науки: международный научный журнал. 2021. № 3. С. 14–17. EDN: XICSI.

9. Кендирбаева Д. Ж., Жунусакунова А. Р., Сарыгулова К. А. Алгоритм определения нормы водопотребления сельскохозяйственных культур за вегетационный период в Кыргызстане // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 3(221). С. 44–50. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-221-3-44-50. EDN: NGSGFI.

10. Ергина Е. И., Артемова Е. А., Сташкина А. Ф. Сельскохозяйственная освоенность земель и почвенная характеристика Ленинского района Республики Крым // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2023. № 34(197). С. 48–57. EDN: NIPZXI.

11. Нурагдыев Д., Курбанова А., Шыхыев Ш. Выбор семян для посадки кукурузы и нормальный полив // Символ науки: международный научный журнал. 2023. Т. 2, № 11-2. С. 74–75. EDN: BKXRJW.

12. Бабищев А. Н., Монастырский В. А., Бабенко А. А. Анализ проведения водных мелиораций на виноградниках в России // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 1. С. 165–183. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1347> (дата обращения: 09.01.2025). DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-165-183. EDN: ZVRHDD.

13. Шонтуков Т. З., Махотлова М. Ш. Эффективность капельного орошения, его преимущества и недостатки // Discovery Science Research: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск, 2020. С. 227–230. EDN: JIKSTY.

14. Айтпаева А. А., Тютюма Н. В. Эффективность возделывания зерновых культур в структуре травянопропашных севооборотов в зонах неустойчивого увлажнения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2(70). С. 134–141. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-15. EDN: OCXTPX.

15. Алиев З. Г. К решению проблем горно-орошаемого земледелия в Азербайджане // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 4(42). С. 43–45. EDN: RAIZSB.

16. Мамедов Б. М. К вопросу орошения на склоновых землях Азербайджана // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 114–117. EDN: ZCDCON.
17. Нагалецкий Э. Ю., Нагалецкий Ю. Я., Папенко И. Н. Региональная мелиоративная география. Краснодарский край: монография. Краснодар: КубГАУ, 2013. 280 с.
18. Воличенко О. В., Азимов Р. М. История развития архитектуры ирригационных сооружений в древности // Journal of Irrigation and Melioration. 2022. № 2(28). С. 12–17.
19. Саинов М. П., Саинова Н. П. Гидротехника в Древнем Междуречье // Вестник МГСУ. 2009. № 3. С. 14–21. EDN: KZFYJL.
20. Фролова О. Гениальные сооружения древних: персидские кяризы как способ процветания в пустыне // Travelask [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://travelask.ru/blog/posts/13742-genialnye-sooruzheniya-drevnih-persidskie-kyarizy-kak-sposob> (дата обращения: 09.01.2025).
21. Хажметов Л. М. Организация орошения на горных склонах Северного Кавказа // NovaInfo.Ru [Электронный ресурс]. 2016. Т. 1, № 43. С. 13–17. URL: <https://novainfo.ru/article/5148> (дата обращения: 28.11.2024). EDN: VVCZWD.
22. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Система мелкоструйчатого внутрпочвенного орошения многолетних насаждений // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2(50). С. 157–164. EDN: YQTCBF.
23. Година С. В., Гуриков К. С., Чернова Н. М. Сравнительный анализ способов полива сельскохозяйственных культур // Наука и молодежь: сб. науч. тр. Новочеркасск, 2018. Вып. 5. С. 10–31. EDN: VKQPEG.
24. Саинов М. П., Саинова Н. П. Гидротехника в Древнем Китае // Вестник МГСУ. 2010. № 1. С. 63–70. EDN: MUXPGD.
25. Шарман Е. У древних греков нашли инновационную систему водоочистки // Мир24 [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://mir24.tv/news/16471388/u-drevnih-grekov-nashli-innovacionnuyu-sistemu-vodoochistki> (дата обращения: 08.01.2025).
26. Лукова Е. Древние майя строили искусные системы фильтрации воды // Машины и механизмы [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://21mm.ru/news/nauka/drevnie-maaya-stroili-iskusnye-sistemy-filtratsii-vody-1/> (дата обращения: 08.01.2025).
27. Саинов М. П., Саинова Н. П. Об истории Древнего Египта и его гидротехнике // Вестник МГСУ. 2008. № 3. С. 14–21. EDN: MUXOEB.
28. Шехавцов С. Г. Николай Котомкин. Чистая вода Рима // Проза.ру [Электронный ресурс]. 2024. URL: <https://proza.ru/2024/06/25/416> (дата обращения: 08.01.2025).
29. Очистка воды для технологических и бытовых целей на предприятиях сельскохозяйственного производства / В. П. Коваленко, Е. А. Улюкина, В. Б. Бабко, Ш. А. Давлетьяров, Е. Н. Пирогов // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2008. № 4. С. 33–36. EDN: JWTGQH.
30. Development and simulation of the operation of a two-tier sedimentation tank for urban wastewater treatment / A. E. Novikov, M. I. Filimonov, E. A. Dugin, A. E. Khadzhidi // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 786. 012033. DOI: 10.1088/1755-1315/786/1/012033. EDN: HYDBDT.
31. Куртнезирова А. Н., Килиди Х. И., Хаджиди А. Е. Регулирование водного режима растений путем орошения // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год: сб. ст. по материалам 73-й Науч.-практ. конф. преподавателей, г. Краснодар, 14 марта 2018 г. Краснодар: Кубанский ГАУ, 2018. С. 215–216. EDN: YWHNOS.

32. Гусев С. С., Улюкина Е. А., Михальский Л. Л. Водоподготовка на объектах агропромышленного комплекса // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2012. № 3(54). С. 19–22. EDN: RBFFXD.

33. Пат. 2505486 Рос. Федерация, МПК С 02 F 1/28, Е 02 В 13/00, А 01 G 25/00. Способ очистки дренажного стока и устройство для его осуществления / Кузнецов Е. В., Хаджиди А. Е., Приходько И. А., Серый Д. Г.; заявитель Куб. гос. аграр. ун-т. № 2012110440/05; заявл. 19.03.12; опубл. 27.01.14, Бюл. № 3. 8 с. EDN: QORTAX.

34. Новикова И. В., Лунева Е. Н., Грицкий А. В. Средства и технологии водоподготовки для капельного орошения сельскохозяйственных угодий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 3(35). С. 1–17. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=997> (дата обращения: 08.01.2025). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17. EDN: NTROQA.

35. Аспекты проектирования элементов мелиоративных систем капельного орошения / Е. Н. Лунева, А. В. Иванова, А. В. Кашин, О. В. Шкурченко // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием, посвящ. 130-летию со дня рождения акад. Б. А. Шумакова. Вып. 17, ч. 1. Новочеркасск: Лик, 2019. С. 62–71. EDN: EUYIOS.

36. Пирогов Е. Н., Никифоров Д. В. О выборе метода очистки воды для строящихся объектов водоснабжения // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2012. № 8(128). С. 26–29. EDN: RHWGED.

37. Повышение эффективности функционирования систем локального орошения со стальными магистральными трубопроводами / А. Е. Новиков, С. Д. Фомин, М. И. Ламскова, М. И. Филимонов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4(36). С. 245–249. EDN: TECUZZT.

References

1. Demin A.P., 2022. *Razvitie orosheniya i proizvodstvo prodovol'stviya v Respublike Krym (2014–2020 gg.)* [Development of irrigation and food production in the Republic of Crimea (2014–2020)]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 3(38), pp. 30–34, DOI: 10.35809/2618-8279-2022-3-5, EDN: TXCIPG. (In Russian).

2. Orlova I.V., 2014. [Geocological limitations for territorial planning of irrigation reclamation (review)]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(13), pp. 147–157, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=698> [accessed 09.01.2025], EDN: RXQUWL. (In Russian).

3. Torikov V.E., Baidakova E.V., Kaposhko N.A., 2020. *Problema raspredeleniya gidrometeorologicheskikh faktorov i ikh vliyanie na rezhim orosheniya i urozhaynost'* [The problem of hydrometeorological factors distribution and their influence on irrigation regime and productivity]. *Vestnik Bryanskoy GSKHA* [Bulletin of Bryansk State Agricultural Academy], no. 1(77), pp. 27–32, EDN: XWWWZX. (In Russian).

4. Snezhko V.L., Benin D.M., Shishkin A.V., Boyko A.V., Skripnik A.V., 2022. *Sovremennye izmeneniya meliorativnogo sostoyaniya oroshayemykh zemel' Altayskogo kraya* [Modern changes in the reclamation state of irrigated lands of the Altai Territory]. *Prirodobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 4, pp. 13–22, DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-13-21, EDN: VUCEVN. (In Russian).

5. Semenenko S.Ya., Novikov A.E., 2023. *Pokazateli meliorativnogo sostoyaniya oroshayemykh zemel' Volgogradskoy oblasti* [Indicators of the reclamation state of irrigated lands in Volgograd region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka*

i vysshee professional'noe obrazovanie [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], no. 1(69), pp. 114-123, DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-11, EDN: MPWUNX. (In Russian).

6. Dowgert M.F., 2020. The impact of irrigated agriculture on a stable food supply. Proceedings of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference. Kearney, NE, Kansas, pp. 1-11.

7. Orlova I.V., 2023. [A system of regionally adapted geospatial indicators for sustainable intensification of irrigated agriculture]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 4, pp. 144-160, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1403> [accessed 09.01.2025], DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-144-160, EDN: NUJCUS. (In Russian).

8. Kutlimurodov U.M., 2021. *Resheniya dlya effektivnogo ispol'zovaniya vodnykh resursov v regionakh Respubliki Uzbekistan* [Solutions for the efficient use of water resources in the regions of the Republic of Uzbekistan]. *Simvol nauki: mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal* [Symbol of Science: International Scientific Journal], no. 3, pp. 14-17, EDN: XICCIJ. (In Russian).

9. Kendirbaeva D.Zh., Zhunusakunova A.R., Sarygulova K.A., 2023. *Algoritm opredeleniya normy vodopotrebleniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur za vegetatsionnyy period v Kyrgyzstane* [Algorithm for determining the water consumption rates of agricultural crops during the growing season in Kyrgyzstan]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], no. 3(221), pp. 44-50, DOI: 10.53083/1996-4277-2023-221-3-44-50, EDN: NGSGFJ. (In Russian).

10. Ergina E.I., Artemova E.A., Stashkina A.F., 2023. *Sel'skokhozyaystvennaya osvoenost' zemel' i pochvennaya kharakteristika Leninskogo rayona Respubliki Krym* [Agricultural development of lands and soil characteristics of the Leninsky district of the Republic of Crimea]. *Izvestiya sel'skokhozyaystvennoy nauki Tavridy* [Transactions of Taurida Agricultural Science], no. 34(197), pp. 48-57, EDN: NIPZXI. (In Russian).

11. Nuryagdyev D., Kurbanova A., Shykhyev Sh., 2023. *Vybor semyan dlya posadki kukuruzy i normal'nyy poliv* [Selection of seeds for planting corn and normal irrigation]. *Simvol nauki: mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal* [Symbol of Science: International Scientific Journal], vol. 2, no. 11-2, pp. 74-75, EDN: BKXRJW. (In Russian).

12. Babichev A.N., Monastyrsky V.A., Babenko A.A., 2023. [Analysis of water reclamation in Russian vineyards]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 1, pp. 165-183, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1347> [accessed 09.01.2025], DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-165-183, EDN: ZVRHDD. (In Russian).

13. Shontukov T.Z., Makhotlova M.Sh., 2020. *Effektivnost' kapel'nogo orosheniya, yego preimushchestva i nedostatki* [Efficiency of drip irrigation, its advantages and disadvantages]. *Discovery Science Research: Coll. of Articles of International Scientific-Practical Conference*. Petrozavodsk, pp. 227-230, EDN: JIKSTY. (In Russian).

14. Aitpaeva A.A., Tyutyuma N.V., 2023. *Effektivnost' vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v strukture travyanopropashnykh sevooborotov v zonakh neustoychivogo uvlazhneniya* [Efficiency of cultivation of grain crops in the structure of grass-row crop rotations in zones of unstable moisture]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], no. 2(70), pp. 134-141, DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-15, EDN: OCXTPX. (In Russian).

15. Aliev Z.G., 2013. *K resheniyu problem gornooroshaemogo zemledeliya v Azerbaydzhane* [Solving the problems of irrigated agriculture in mountainous regions of Azerbaijan]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State Agrarian University], no. 4(42), pp. 43-45, EDN: RAIZSB. (In Russian).

16. Mamedov B.M., 2016. *K voprosu orosheniya na sklonovykh zemlyakh Azerbaydzhana* [To the issue of irrigation on the slope lands of Azerbaijan]. *Vestnik Belorusskoy*

gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Bulletin of Belarusian State Agricultural Academy], no. 3, pp. 114-117, EDN: ZCDCON. (In Russian).

17. Nagalevsky E.Yu., Nagalevsky Yu.Ya., Papenko I.N., 2013. *Regional'naya meliorativnaya geografiya. Krasnodarskiy kray: monografiya* [Regional Reclamation Geography. Krasnodar Territory: monograph]. Krasnodar, KubSAU, 280 p. (In Russian).

18. Volichenko O.V., Azimov R.M., 2022. *Istoriya razvitiya arkhitektury irrigatsionnykh sooruzheniy v drevnosti* [History of the development of the architecture of irrigation structures in antiquity]. Journal of Irrigation and Melioration, no. 2(28), pp. 12-17. (In Russian).

19. Sainov M.P., Sainova N.P., 2009. *Gidrotekhnika v Drevnem Mezhdurech'ye* [Hydraulic engineering in Ancient Mesopotamia]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU], no. 3, pp. 14-21, EDN: KZFYJL. (In Russian).

20. Frolova O., 2019. *Genial'nye sooruzheniya drevnikh: persidskie kyarizy kak sposob protsvetaniya v pustyne* [Ingenious structures of the ancients: Persian karizes as a way to prosper in the desert]. Travelask, available: <https://travelask.ru/blog/posts/13742-genialnye-sooruzheniya-drevnih-persidskie-kyarizy-kak-sposob> [accessed 09.01.2025]. (In Russian).

21. Khazhmetov L.M., 2016. *Organizatsiya orosheniya na gornykh sklonakh Severnogo Kavkaza* [Organization of irrigation on the mountain slopes of the North Caucasus]. *NovaInfo.Ru*, vol. 1, no. 43, pp. 13-17, available: <https://novainfo.ru/article/5148> [accessed 28.11.2024], EDN: VVCZWD. (In Russian).

22. Dubenok N.N., Mayer A.V., 2018. *Sistema melkostruychatogo vnutripochvennogo orosheniya mnogoletnikh nasazhdeniy* [System of local intra soil irrigation of long-term plantings in the combination to aerosol moistening.]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], no. 2(50), pp. 157-164, EDN: YQTCBF. (In Russian).

23. Godina S.V., Gurikov K.S., Chernova N.M., 2018. *Sravnitel'nyy analiz sposobov poliva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Comparative analysis of irrigation methods for agricultural crops]. *Nauka i molodezh': sb. nauch. tr.* [Science and Youth: Coll. of Scientific Papers]. Novocherkassk, iss. 5, pp. 10-31, EDN: VKQPEG. (In Russian).

24. Sainov M.P., Sainova N.P., 2010. *Gidrotekhnika v Drevnem Kitae* [Hydraulic engineering in Ancient China]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU], no. 1, pp. 63-70, EDN: MUXPGD. (In Russian).

25. Sharman E., 2021. *U drevnikh grekov nashli innovatsionnuyu sistemu vodoochistki* [An innovative water purification system was found among the ancient Greeks]. Mir24, available: <https://mir24.tv/news/16471388/u-drevnih-grekov-nashli-innovacionnuyu-sistemu-vodoochistki> [accessed 08.01.2025]. (In Russian).

26. Lukova E., 2020. *Drevnie maya stroili iskusnye sistemy fil'tratsii vody* [The ancient Maya built ingenious water filtration systems]. *Mashiny i mekhanizmy* [Machines and Mechanisms], available: <https://21mm.ru/news/nauka/drevnie-maya-stroili-iskusnye-sistemy-filtratsii-vody-1/> [accessed 08.01.2025]. (In Russian).

27. Sainov M.P., Sainova N.P., 2008. *Ob istorii Drevnego Yegipta i yego gidrotekhnike* [On the history of Ancient Egypt and its hydraulic engineering]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU], no. 3, pp. 14-21, EDN: MUXOEB. (In Russian).

28. Shekhavtsov S.G., 2024. *Nikolay Kotomkin. Chistaya voda Rima* [Nikolay Kotomkin. Pure water of Rome]. Proza.ru, available: <https://proza.ru/2024/06/25/416> [accessed 08.01.2025]. (In Russian).

29. Kovalenko V.P., Ulyukina E.A., Babko V.B., Davletyarov Sh.A., Pirogov E.N., 2008. *Ochistka vody dlya tekhnologicheskikh i bytovykh tseley na predpriyatiyakh selskokhozyaystvennogo proizvodstva* [Water purification for technological and domestic purposes at agricultural enterprises]. *Vestnik federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy*

agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina» [Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin”], no. 4, pp. 33–36, EDN: JWTGQH. (In Russian).

30. Novikov A.E., Filimonov M.I., Dugin E.A., Khadzhidi A.E., 2021. Development and simulation of the operation of a two-tier sedimentation tank for urban wastewater treatment. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 786, 012033, DOI: 10.1088/1755-1315/786/1/012033, EDN: HYDBDT.

31. Kurtnezirov A.N., Kilidi Kh.I., Khadzhidi A.E., 2018. *Regulirovanie vodnogo rezhima rasteniy putem orosheniya* [Regulation of plant water regime by irrigation]. *Itogi nauchno-issledovatel'skoy raboty za 2017 god: sb. st. po materialam 73 Nauchno-prakticheskoy konf. prepodavateley* [Results of Research Work for 2017: Collection of Articles based on the materials of the 73rd Scientific and Practical Conf. Teachers]. Krasnodar, Kuban State Agrarian University, pp. 215–216, EDN: YWHNOS. (In Russian).

32. Gusev S.S., Ulyukina E.A., Mikhalsky L.L., 2012. *Vodopodgotovka na ob"ektakh agropromyshlennogo kompleksa* [Water treatment at agro-industrial complex facilities]. *Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina»* [Bulletin of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin”], no. 3(54), pp. 19–22, EDN: RBFFXD. (In Russian).

33. Kuznetsov E.V., Khadzhidi A.E., Prikhodko I.A., Seryy D.G., 2014. *Sposob ochistki drenazhnogo stoka i ustroystvo dlya yego osushchestvleniya* [Method for Cleaning Drainage Runoff and Device for Its Implementation]. Patent RF, no. 2505486, EDN: QORTAX. (In Russian).

34. Novikova I.V., Luneva E.N., Gritsky A.V., 2019. [Water treatment techniques and technologies for drip irrigation of agricultural lands]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(35), pp. 1–17, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=997> [accessed 08.01.2025], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17, EDN: NTROQA. (In Russian).

35. Luneva E.N., Ivanova A.V., Kashin A.V., Shkurchenko O.V., 2019. *Aspekty proektirovaniya elementov meliorativnykh sistem kapelnogo orosheniya* [Aspects of design elements of reclamation drip irrigation systems]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. (Shumakovskie chteniya) s mezhdunar. uchastiem, posvyashch. 130-letiyu so dnya rozhdeniya akad. B. A. Shumakova* [Land Reclamation and Water Management: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference (Shumakov readings) with international participation, dedicated to the 130th anniversary of the birth of academician B. A. Shumakov]. Vol. 17, ch. 1, Novocherkassk, Lick Publ., pp. 62–71, EDN: EUYIOS. (In Russian).

36. Pirogov E.N., Nikiforov D.V., 2012. *O vybere metoda ochistki vody dlya stroyshchikhsya obektov vodosnabzheniya* [On the choice of water purification method for water supply facilities under construction]. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie* [Plumbing, Heating, Air Conditioning], no. 8(128), pp. 26–29, EDN: RHWGED. (In Russian).

37. Novikov A.E., Fomin S.D., Lamskova M.I., Filimonov M.I., 2014. *Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya sistem lokalnogo orosheniya so stalnymi magistralnymi truboprovodami* [Improving the efficiency of local irrigation systems with steel main pipelines]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], no. 4(36), pp. 245–249, EDN: TECUZZ. (In Russian).

Информация об авторе

А. С. Лебедев – аспирант кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, lebedev_alex96@mail.ru, ORCID ID: 0009-0009-8801-5066.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 95, № 1. С. 225–247.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2025. Vol. 95, no. 1. P. 225–247.

Information about the author

A. S. Lebedev – Postgraduate Student of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, lebedev_alex96@mail.ru, ORCID ID: 0009-0009-8801-5066.

*Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.
The author is responsible for violation of scientific publication ethics.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 29.01.2025; одобрена после рецензирования 07.02.2025;
принята к публикации 06.03.2025.
The article was submitted 29.01.2025; approved after reviewing 07.02.2025; accepted for
publication 06.03.2025.*