



ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ) ECOLOGY (ITS BRANCHES)



Научная статья

УДК 339.4.49

<https://doi.org/10.23947/2413-1474-2025-9-2-46-53>

Анализ процессов антропогенного воздействия на качество оросительной воды на агро-мелиоративных ландшафтах

Н.Б. Сухомлинова

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова, ДГАУ, г. Новочеркасск, Российская Федерация

Аннотация

Исследованы особенности проявления антропогенного воздействия на качество водных ресурсов, используемых в мелиоративной деятельности в контексте его особой значимости для обеспечения устойчивости орошаемого земледелия в аридных регионах. Рассматриваются основные источники загрязнения водных ресурсов, включая сельскохозяйственные стоки, промышленные и коммунально-бытовые сбросы. Ситуация анализируется на примере Ростовской области, где интенсивная антропогенная нагрузка обуславливает развитие процессов эвтрофикации, бактериального загрязнения и засоления водных объектов. В рамках обоснования необходимости реализации комплексного подхода к решению имеющихся мест проблем предложены меры по улучшению ситуации, включая модернизацию очистных сооружений, внедрение природосберегающих технологий в сельском хозяйстве и усиление мониторинга и контроля за состоянием водных объектов.

Ключевые слова: орошаемое земледелие, антропогенное воздействие, качество оросительной воды, агромелиоративные ландшафты, аридная зона, эвтрофикация, Ростовская область

Для цитирования. Сухомлинова Н.Б. Анализ процессов антропогенного воздействия на качество оросительной воды на агромелиоративных ландшафтах. *Экономика и экология территориальных образований*. 2025;9(2):46–53. <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2025-9-2-46-53>

Research Article

Evaluating Impacts of the Anthropogenic Processes on the Quality of Irrigation Water in the Agricultural Melioration Landscapes

Natalya B. Sukhomlinova

Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute Named after A. K. Kortunov, Novocherkassk, Russian Federation

Abstract

The article studies the features of anthropogenic impact on the quality of water resources used for melioration purposes in the context of ensuring sustainability of irrigation agriculture in arid regions.

The main sources of water pollution, including agricultural effluents, industrial and municipal waste discharges were investigated. The situation was analysed on the example of the Rostov Region, where intensive anthropogenic load had been causing the processes of eutrophication, bacterial pollution and salinization of water bodies. To justify the need of implementing a comprehensive approach to solving the existing problems, the measures on improving the situation were proposed, including modernisation of the wastewater treatment plants, implementation of nature-saving technologies in agriculture and intensification of monitoring and control over the state of water bodies.

Keywords: irrigation agriculture, anthropogenic impact, quality of irrigation water, agro-meliorative landscapes, arid zone, eutrophication, Rostov Region

For Citation. Sukhomlinova NB. Evaluating Impacts of the Anthropogenic Processes on the Quality of Irrigation Water in the Agricultural Melioration Landscapes. *Economy and Ecology of Territorial Formations*. 2025;9(2):46–53. <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2025-9-2-46-53>

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности является одной из ключевых задач человечества, и орошаемое земледелие играет в этом процессе важнейшую роль, особенно в регионах с аридным и семиаридным климатом. Агромелиоративные ландшафты, созданные или существенно преобразованные человеком для нужд сельского хозяйства путем строительства ирригационных и дренажных систем, представляют собой сложные природно-техногенные системы. Эффективность и устойчивость функционирования таких ландшафтов напрямую зависят от качества используемой оросительной воды. Однако именно в этих интенсивно используемых системах водные ресурсы подвергаются значительному антропогенному прессу, что приводит к ухудшению их качества и, как следствие, к снижению продуктивности земель, деградации почв и риску для здоровья населения. Анализ факторов антропогенного воздействия на качество оросительной воды является критически важным для разработки стратегий устойчивого управления водными ресурсами и сохранения агроэкосистем.

Основная часть. Антропогенное воздействие на водные ресурсы, используемые для орошения, отличается разнообразием. Один из ключевых факторов — поступление загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий. Интенсификация аграрного производства, обусловленная широким применением минеральных удобрений и пестицидов, способствует их смыву с полей в источники орошения — реки, водохранилища и каналы. Избыток азота и фосфора, основных компонентов удобрений, провоцирует эвтрофикацию водоемов: бурное разрастание водорослей («цветение» воды) ухудшает ее органолептические свойства, вызывает дефицит кислорода и гибель гидробионтов [1]. Остатки пестицидов (гербицидов, инсектицидов и фунгицидов) накапливаются в воде и донных отложениях, создавая угрозу для водных экосистем, орошаемых сельскохозяйственных культур и опосредованно для человека через пищевые цепи. Значительный вклад в загрязнение водных объектов вносят животноводческие комплексы, в стоках которых содержатся органические вещества, патогенные микроорганизмы и биогенные элементы.

Другим важным источником загрязнения являются промышленные предприятия, сбрасывающие сточные воды, зачастую недостаточно очищенные, в водные объекты, служащие источниками орошения. Эти стоки могут содержать широкий спектр токсичных веществ, включая тяжелые металлы (свинец, кадмий, ртуть, медь, цинк и др.), нефтепродукты, фенолы, синтетические органические соединения. Тяжелые металлы обладают высокой токсичностью и

способностью к биоаккумуляции, то есть накоплению в живых организмах. Попадая с оросительной водой в почву, они могут ингибировать рост растений, снижать урожайность и качество продукции, а также накапливаться в сельскохозяйственных культурах до уровней, опасных для здоровья человека и животных [2]. Наличие специфических промышленных загрязнителей требует особого внимания, так как их воздействие на агроэкосистемы может быть долговременным и трудноустраняемым.

Коммунально-бытовые сточные воды также оказывают значительное влияние на качество поверхностных вод, используемых для ирригации. Несмотря на наличие очистных сооружений их эффективность не всегда достаточна, особенно в отношении удаления биогенных элементов, некоторых органических соединений (включая остатки фармацевтических препаратов и средств бытовой химии) и патогенных микроорганизмов. Поступление этих стоков в ирригационные системы приводит к повышению содержания в воде органических веществ, азота, фосфора, взвешенных частиц, а также к бактериальному загрязнению [3].

Помимо прямого сброса загрязняющих веществ, антропогенная деятельность влияет на качество оросительной воды и опосредованно, через изменение гидрологического режима и морфометрии водных объектов. Строительство плотин и создание водохранилищ, являющихся часто основными источниками воды для крупных оросительных систем, приводят к замедлению водообмена, изменению термического и ледового режимов, накоплению загрязняющих веществ в донных отложениях. В водохранилищах создаются благоприятные условия для эвтрофикации. Регулирование стока рек может изменять их способность к самоочищению. Кроме того, сама эксплуатация оросительных систем, особенно построенных без должного учета экологических требований, может приводить к вторичному загрязнению и засолению воды. Сброс дренажных вод, обогащенных солями и остатками агрохимикатов, обратно в источники орошения или ниже по течению является серьезной проблемой во многих орошаемых регионах мира, приводя к прогрессирующему засолению как водных ресурсов, так и почв [4].

Так, в Центральной Азии катастрофическое снижение уровня Аральского моря и резкое ухудшение качества воды в реках Амударья и Сырдарья во многом связаны с интенсивным развитием орошаемого земледелия, использованием больших объемов воды и сбросом коллаторно-дренажных вод, загрязненных пестицидами и солями [5]. В бассейне Нила качество воды ухудшается вниз по течению из-за сброса неочищенных промышленных и бытовых стоков, а также дренажных вод с полей, что создает проблемы для орошаемого земледелия в дельте [6]. В Калифорнийской долине (США) интенсивное сельское хозяйство привело к проблемам засоления почв и воды, а также загрязнению поверхностных и грунтовых вод нитратами и пестицидами [7].

Российская практика также демонстрирует многочисленные примеры деградации качества оросительной воды под влиянием антропогенных факторов. В Поволжье, где расположены крупные промышленные центры, качество воды в Волге и ее притоках, используемой для орошения, часто не соответствует нормативам по содержанию нефтепродуктов, фенолов, тяжелых металлов и биогенных элементов. В Краснодарском крае, известном своими рисовыми системами, остро стоит проблема загрязнения водных источников остатками пестицидов и удобрений, смываемых с чеков, а также повышенной минерализации дренажных вод [8].

Особое внимание заслуживает ситуация в Ростовской области, одном из ведущих аграрных регионов России со значительными площадями орошаемых земель. Основными источниками водных ресурсов для оросительных систем здесь служат река Дон, ряд водохранилищ,

крупнейшим из которых является Цимлянское, а также разветвленная сеть магистральных и распределительных каналов (например, донской магистральный канал, азовский магистральный канал). На качество воды в этих источниках влияет комплекс антропогенных факторов. Во-первых, это сток самой реки Дон, которая испытывает значительную нагрузку от промышленных предприятий и коммунального хозяйства городов, расположенных по течению, а также от сельскохозяйственных угодий в ее бассейне. Во-вторых, существенное влияние оказывают местные источники загрязнения на территории самой Ростовской области, сбрасывающие сточные воды, содержащие тяжелые металлы, нефтепродукты, сульфаты, хлориды. Коммунальные стоки крупных населенных пунктов даже после очистки вносят существенный негативный вклад в эвтрофикацию и бактериальное загрязнение [9].

Интенсивное сельское хозяйство в Ростовской области, особенно в зонах орошения, является значимым фактором антропогенного давления на водные системы. Применение удобрений и средств защиты растений приводит к диффузному загрязнению поверхностного стока нитратами, фосфатами и остаточными количествами пестицидов. Эксплуатация Цимлянского водохранилища, характеризующегося замедленным водообменом, способствует аккумуляции загрязняющих веществ и создает условия для интенсивного «цветения» воды в летний период, что резко ухудшает ее качество для всех видов водопользования, включая орошение.

Исследования качества воды в Дону и Цимлянском водохранилище регулярно показывают превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по ряду показателей. Например, отмечаются повышенные концентрации соединений меди, цинка, марганца, нефтепродуктов, сульфатов, а также высокое содержание органических веществ. Также наблюдается высокая загрязненность притоков, таких как Северский Донец, где стабильно фиксируются превышения по органическим веществам (1,5–2 ПДК), меди (3–4 ПДК), сульфатам (3–5 ПДК) и целому ряду других веществ [10].

Качество воды непосредственно в оросительных каналах Ростовской области также вызывает озабоченность. Помимо загрязнений, поступающих из головных источников, вода в каналах дополнительно загрязняется поверхностным стоком с прилегающих территорий, несанкционированными сбросами, а также результатами жизнедеятельности водных организмов. Повышенная минерализация воды в некоторых каналах, особенно на конечных участках систем и в коллекторно-дренажной сети, указывает на риски засоления орошаемых земель.

О проблемной ситуации с качеством оросительных вод свидетельствуют результаты целого ряда исследований, проведенных в течение последнего десятилетия. Так, В.М. и В.В. Волошковы и В.В. Турулева установили, что вода из Цимлянского водохранилища имеет лучшие качественные параметры, по сравнению с водой из Веселовского водохранилища, вследствие более низкой минерализации, а грунтовые воды часто непригодны для мелиоративных целей из-за чрезмерно высоких значений данного показателя [11].

Т.И. Дровозова, Н.Н. Паненко и С.А. Манжина, оценивая пригодность коллекторно-дренажных вод из открытых коллекторов Семикаракорского района Ростовской области для орошения, отмечают, что уровень их минерализации свидетельствует об умеренной опасности засоления, однако высокое содержание хлорид-ионов и натрия делает воду непригодной без очистки из-за риска хлоридного и натриевого осолонцевания, что свидетельствует о необходимости предварительной подготовки воды для безопасного орошения [12].

Те же авторы на основе проведения гидроэкологической оценки коллекторно-дренажных вод оросительных систем различных районов Ростовской области констатируют, что их качество варьируется: если в Семикаракорском районе данные воды могут быть определены как умеренно загрязненные, критические показатели загрязнения (КПЗ) там не превышают 1, то в Багаевском районе их состояние находится в диапазоне от умеренно загрязненных до загрязненных (КПЗ достигает 2,7). При этом содержание в этих водах фосфатов регулярно превышает величину предельно допустимых концентраций (ПДК), что указывает на его антропогенную природу. Важно отметить, что в четверти случаев качество воды в системах хуже, чем в водоприемниках, что требует повышенного внимания при использовании ее для целей орошения [13].

Оценивая пригодность речных вод бассейна Тузлова для орошения, О.С. Решетняк отмечает, что параметры минерализации воды позволяют отнести ее к III–IV классам, свидетельствуя об ее плохом качестве, но по ирригационному коэффициенту Стеблера и солевому составу в 70 % случаев она оценивается как пригодная для использования в рамках мелиоративных мероприятий. При этом автор указывает, что вода из рек Атюхта и Малый Несветай в принципе непригодна из-за высокого уровня засоления [14].

В целом по Ростовской области за два последние десятилетия отмечается увеличение удельного веса площадей мелиорируемых угодий, характеризующихся высоким уровнем минерализации оросительной воды, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Распределение мелиорируемых угодий Ростовской области по уровню минерализации оросительной воды [15]

Минерализация, г/л	2005	2010	2015	2020	2024
Менее 1	76,5	76,0	76,0	74,7	75,9
1–3	7,2	6,4	6,3	5,5	5,5
Более 3	16,3	17,5	17,6	19,8	18,6

В Ростовской области наблюдается ситуация, в рамках которой сочетание промышленной нагрузки, интенсивного сельского хозяйства и особенностей гидрологического режима (зарегулированность стока, наличие крупного водохранилища) создает сложную экологическую обстановку в отношении водных ресурсов, используемых для орошения.

Загрязнение водных источников обусловлено как локальными факторами, проявляющимися внутри орошаемых массивов (агрохимикаты, дренажные воды), так и внешними воздействиями, связанными с промышленной, коммунальной и сельскохозяйственной деятельностью в пределах всего водосборного бассейна. Ухудшение качества оросительной воды влечет за собой серьезные последствия: снижение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, деградацию почвенного покрова, нарушение функционирования водных экосистем, а также потенциальные угрозы здоровью населения, использующего загрязненную воду в быту или потребляющего контаминированную продукцию.

Решение проблемы повышения качества оросительной воды требует комплексного подхода, объединяющего технологические, организационные, экономические и правовые меры.

Во-первых, необходимо усовершенствовать системы мониторинга качества воды как в источниках, так и в самих оросительных системах. Мониторинг должен охватывать широкий спектр загрязняющих веществ, при этом особое внимание следует уделять приоритетным для

региона показателям, и проводиться с такой частотой, чтобы отслеживать динамику изменений и выявлять пиковые нагрузки.

Во-вторых, следует усилить контроль за сбросом промышленных и коммунальных сточных вод. Это предполагает модернизацию очистных сооружений для повышения их эффективности, внедрение технологий доочистки и обеззараживания стоков, а также ужесточение административной и экономической ответственности предприятий за превышение нормативов сброса. Перспективным направлением являются развитие систем оборотного водоснабжения и повторное использование очищенных сточных вод для технических нужд или орошения при условии строгого соответствия санитарным стандартам.

В-третьих, решающее значение имеет переход к природосберегающим технологиям в сельском хозяйстве. Они включают в себя оптимизацию применения минеральных удобрений на основе агрохимического анализа почв в рамках точного земледелия, внедрение интегрированных систем защиты растений для минимизации использования пестицидов, обустройство водоохраных зон и прибрежных защитных полос вдоль водоемов и каналов для перехвата поверхностного стока, а также модернизацию технологий полива для сокращения потерь воды и объема дренажного стока. Особое внимание следует уделить управлению дренажными водами: их сбор, очистка и использование для выращивания солеустойчивых культур способны существенно снизить нагрузку на основные источники орошения.

Таблица 2

Основные направления снижения антропогенной нагрузки на оросительные воды

Направление деятельности	Реализуемые мероприятия	Потенциальный эффект
Мониторинг и контроль	Расширение сети постов мониторинга качества воды (включая каналы), внедрение автоматизированных систем контроля ключевых загрязнителей. Усиление контроля за соблюдением нормативов сброса сточных вод	Своевременное выявление загрязнений, объективная оценка ситуации — основа для принятия управленческих решений
Промышленность и ЖКХ	Модернизация очистных сооружений (внедрение третичной очистки, УФ-обеззараживания). Стимулирование внедрения оборотного водоснабжения и технологий «нулевого сброса»	Снижение поступления тяжелых металлов, органики, биогенов, патогенов от точечных источников
Сельское хозяйство	Внедрение систем точного земледелия. Расширение использования биологических методов защиты растений. Создание буферных зон вдоль каналов и водоемов	Снижение диффузного стока агрохимикатов, уменьшение водной эрозии, экономия воды, снижение засоления
Управление водными объектами	Разработка и реализация программ по борьбе с эвтрофикацией водохранилищ (прежде всего Цимлянского). Оптимизация управления коллекторно-дренажным стоком	Улучшение качества воды в головном источнике, снижение риска вторичного засоления почв
Информационно-просветительская работа	Повышение осведомленности водопользователей об экологических последствиях загрязнения водных объектов и преимуществах использования водосберегающих технологий	Формирование ответственного отношения к водным ресурсам.

В-четвертых, требуется реализовать комплекс мер по восстановлению экологического состояния водных объектов, служащих источниками орошения. Для водохранилищ, таких как

Цимлянское, актуальны меры по борьбе с эвтрофикацией — регулирование гидрологического режима, аэрация, удаление избыточной биомассы водорослей и очистка донных отложений от накопленных загрязнителей. Для рек приоритетны восстановление их самоочищающей способности путем расчистки русел, ревитализации пойменных экосистем и регулирования хозяйственной деятельности в водоохранных зонах.

В общем виде направленность таких мероприятий и потенциальный эффект от них представлены в таблице 2.

Заключение. Подводя итоги проведенного анализа, следует отметить, что проблема антропогенного воздействия на качество оросительной воды на агромелиоративных ландшафтах требует принятия и реализации системных решений. Успешное управление качеством водных ресурсов в условиях растущей антропогенной нагрузки возможно только при скоординированных усилиях государства, научных учреждений, промышленных предприятий, сельскохозяйственных производителей и общественности, направленных на снижение загрязнения, рациональное водопользование и восстановление нарушенных экосистем. Это является залогом не только обеспечения устойчивости орошаемого земледелия, но и экологической безопасности, и сохранения здоровья населения в целом.

Список литературы / References

1. Варникова С.А. Роль минеральных удобрений в эвтрофировании водоемов. *Теория и практика современной науки*. 2016;12–1(18):214–217.
2. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. *Тяжелые металлы и растения*. Петрозаводск: Институт биологии Карельского научного центра; 2014. 194 с.
3. Манжина С.А., Власов М.В. Агроэкологическая оценка хозяйственно-бытовых сточных вод в целях их применения для орошения. *Мелиорация и гидротехника*. 2023;13(1):132–149.
4. Qadir M, Wichelns D, Raschid-Sally L, McCornick PG, Drechsel P, Bahri A, et al. The Challenges of Wastewater Irrigation in Developing Countries. *Agricultural Water Management*. 2010;97(4):561–568. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.11.004>
5. Leng P, Zhang Q, Li F, Kulmatov R, Wang G, Qiao Yu, et al. Agricultural Impacts Drive Longitudinal Variations of Riverine Water Quality of the Aral Sea Basin (Amu Darya and Syr Darya Rivers), Central Asia. *Environmental Pollution*. 2021;284: 117405. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117405>
6. El Ghany SHA, Nassar A, Swelam A, El-Fetyany M. Assessment of Irrigation Water and Water Delivery Performance at Branch Canal Level in the Nile Delta. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2020;11(11):17–34. <https://doi.org/10.34218/IJCIET.11.11.2020.002>
7. Harter T. California's Agricultural Regions Gear Up to Actively Manage Groundwater Use and Protection. *California Agriculture*. 2015;69(3):193–201. <https://doi.org/10.3733/ca.E.v069n03p193>
8. Барсукова Г.Н., Говердовская М.Д. Влияние рисоводства на экосистему водных объектов Кубани. *International Agricultural Journal*. 2022; 65(5).
9. Кулик А.К., Власенко М.В., Бородычев В.В., Балкушкин Р.Н. Оценка качества поверхностных вод бассейна реки Дон для обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2019;2(54):126–135.

10. Закруткин В.Е., Решетняк О.С., Усова Е.В. О допустимых антропогенных нагрузках на водосборах рек степной зоны Юга России (в пределах Ростовской области). В: *Материалы X международного симпозиума (Международного степного форума)*. Оренбург: Институт степи УрО РАН Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН; 2024. С. 463–468.
11. Волошков В.М., Турулев В.В., Волошков В.В. Оросительные мелиорации и качество воды в Ростовской области. В: *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России» (Шумаковские чтения)*. Ч. 1. Новочеркасск: Лик; 2017. С. 11–14.
12. Дрововозова Т.И., Паненко Н.Н., Манжина С.А. Оценка пригодности воды из открытых коллекторов Семикаракорского района Ростовской области для орошения. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2020;3(39):154–169.
13. Дрововозова Т.И., Манжина С.А. Гидроэкологическая оценка коллекторно-дренажного стока с оросительных систем Ростовской области. *Природообустройство*. 2023;(2):59–65.
14. Решетняк О.С. Оценка степени пригодности речных вод для орошения в бассейне Тузлова (Ростовская область). *Вопросы степеведения*. 2025;1:16–24.
15. Показатели по оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем. URL: <https://inform-raduga.ru/fgbu/95?ysclid=m95ly899z6870116031> (дата обращения: 13.08.2025).

Об авторе:

Наталья Борисовна Сухомлинова, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой «Землепользование и землеустройство» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова, ДГАУ (346428, Российская Федерация, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), na_bor@inbox.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Natalya B. Sukhomlinova, Dr.Sci. (Economics), Professor, Head of the Land Use and Land Management Department, Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute Named after A. K. Kortunov (111, Pushkinskaya Str., Novocherkassk, 346428, Russian Federation), na_bor@inbox.ru

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.