

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ И ГИДРОТЕХНИКИ

Научная статья

УДК 631.95:504.4.054

Методика оценки экологического риска загрязнения коллекторного канала, подверженного антропогенному воздействию

Татьяна Ильинична Дрововозова¹, Михаил Вячеславович Власов²,
Даниил Игоревич Ольгаренко³, Наталья Николаевна Красовская⁴

^{1, 2, 3, 4}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

¹tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

²m_vlasov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9103-1958>

³dan21022001@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1281-9800>

⁴panya-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4426-7762>

Аннотация. **Цель:** разработать методику и критерии оценки экологического риска загрязнения коллекторного канала, подверженного антропогенному воздействию, и применить к оценке опытного участка коллектора. **Материалы и методы.** Для оценки экологического риска загрязнения коллектора рекомендуется применять следующие показатели: назначение земель поверхностного водосбора коллектора, характеристика рельефа поверхностного водосбора коллектора, плотность агролесомелиоративных насаждений вдоль коллектора, характеристика сельского населенного пункта, расположенного в границах водосбора коллектора, ложа коллектора, загрязнения почвы поверхностного водосбора, минерализация грунтовых вод, удельный комбинаторный индекс загрязнения воды, общее содержание фосфатов в коллекторно-дренажных водах (КДВ), характеристика донных отложений, категория автомобильной дороги, проходящей в границах водосбора коллектора. **Результаты и обсуждение.** Сформирован перечень диагностических показателей, оцениваемых в баллах, для установления уровня экологического риска загрязнения коллектора или его отдельного участка, разработана методика балльной оценки экологического риска. На примере опытного участка коллектора по совокупности всех показателей оценен уровень экологического риска загрязнения, суммарный балл которого равен 34, что соответствует высокому значению приемлемого экологического риска и напряженной экологической ситуации на участке. Полученный результат указывает на необходимость выполнения мероприятий экологической защиты на опытном участке коллектора для снижения негативного воздействия КДВ на природный водный объект, в который осуществляется их сброс. **Выводы.** Разработанная методика оценки экологического риска позволяет оценить экологическую обстановку на опытном участке коллектора, используя диагностические качественные и количественные показатели, характеризующие состояние и уровень загрязнения КДВ, донных отложений в коллекторе и почв его водосбора для выработки природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: экологический риск загрязнения, коллекторный канал, диагностические показатели, коллекторно-дренажные воды, донные отложения, почвы водосбора

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации и гидротехники» (г. Новочеркасск, 28 мая 2026 г.).

Для цитирования: Методика оценки экологического риска загрязнения коллекторного канала, подверженного антропогенному воздействию / Т. И. Дрововозова, М. В. Власов, Д. И. Ольгаренко, Н. Н. Красовская // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 99, № 2. С. 1–20.

CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION AND HYDRAULIC ENGINEERING

Original article

Methodology for assessing the environmental risk of pollution of a collector channel, subject to anthropogenic impact

Tatyana I. Drovovozova¹, Mikhail V. Vlasov², Daniil I. Olgarenko³,
Natalia N. Krasovskaya⁴

^{1, 2, 3, 4}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation,

¹tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

²m_vlasov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9103-1958>

³dan21022001@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1281-9800>

⁴panya-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4426-7762>

Abstract. Purpose: to develop the methodology and criteria for assessing the environmental risk of collector channel pollution exposed to anthropogenic impact, and to apply them to the assessment of the collector experimental section. **Materials and methods.** To assess the environmental risk of collector pollution, it is recommended to use the following indicators: the land use of the collector surface catchment, the characteristics of the relief of the collector surface catchment, the reclamative afforestation density along the collector, the characteristics of the rural settlement located within the boundaries of the collector catchment, the collector bed, soil pollution of the surface catchment, groundwater mineralization, the specific combinatorial index of water pollution, the total content of phosphates in collector-drainage water (CDW), the characteristics of the bottom sediments, the category of the road passing within the boundaries of the collector catchment. **Results and discussion.** A list of diagnostic indicators, assessed in points, was compiled to determine the level of environmental risk of pollution of a collector or its particular section, and a scoring methodology for environmental risk assessment was developed. Using an experimental section of the collector as an example, and all indicators combined, the level of environmental risk of pollution was assessed. The total score was 34, which corresponds to a high acceptable environmental risk and a tense environmental situation at this section. This result indicates the need to implement environmental protection measures at the experimental section of the collector to reduce the negative impact of CDW on the natural water body into which they are discharged. **Conclusions.** The developed methodology for environmental risk assessment allows for an assessment of the environmental situation at the experimental section of the collector using diagnostic qualitative and quantitative indicators characterizing the CDW state and level of pollution, bottom sediments in the collector, and soils of its catchment area, in order to develop environmental protection measures.

Keywords: environmental risk of pollution, collector channel, diagnostic indicators, collector-drainage waters, bottom sediments, catchment soils

Evaluation of the research results: the fundamental principles of the article were reported at the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists “Current Scientific Research in the Field of Land Reclamation and Hydraulic Engineering” (Novocherkassk, May 28, 2026).

For citation: Drovovozova T. I., Vlasov M. V., Olgarenko D. I., Krasovskaya N. N. Methodology for assessing the environmental risk of pollution of a collector channel, subject to anthropogenic impact. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2026;99(2):1–20. (In Russ.).

Введение. Поступление загрязненных коллекторно-дренажных вод (КДВ) в водный объект приводит к его систематическому загрязнению. Коллекторно-дренажные сети сооружались с целью отведения избыточной воды с орошаемых полей, однако со временем вокруг каналов происходило изменение сельскохозяйственной инфраструктуры, что привело к усложнению химического состава КДВ и интенсивности их загрязнения, возникновению экологического риска негативного воздействия на природный водоприемник [1–6].

Под экологическим риском понимается вероятность возникновения отрицательных изменений в окружающей среде [7]. Оценка экологического риска регулируется ГОСТ Р 54135-2010 «Экологический менеджмент. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков». В этом стандарте при оценке рисков предусматривается обязательное проведение мониторинга окружающей среды вблизи объекта антропогенного воздействия на окружающую среду¹.

Под экологическим риском загрязнения коллектора понимается вероятность увеличения загрязнения КДВ под воздействием различных факторов, которые необязательно связаны с орошаемым земледелием. Поэтому возникает необходимость выявления участка канала с наихудшим качеством воды, донных отложений, почв водосбора для установления факторов воздействия на него. Уровень экологического риска на отдельном участке коллектора позволит установить источник поступления в него загрязняющих веществ и разработать мероприятия инженерно-экологической защиты, способствующие в конечном итоге минимизации негативного

¹ГОСТ Р 54135-2010. Экологический менеджмент. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков [Электронный ресурс]. Доступ из ИС «Техэксперт».

воздействия на природный водный объект. Обследование коллекторных каналов в земляном русле и их поверхностного водосбора, проведенные в 2024–2025 гг., позволили установить источники поступления загрязняющих веществ и факторы формирования химического состава КДВ, на основании чего был сформирован перечень диагностических качественных и количественных показателей, позволяющий комплексно оценивать экологическую ситуацию на коллекторе. Также были выявлены источники антропогенного воздействия, не относящиеся к орошаемому земледелию, такие, как частные теплицы, неорганизованные площадки строительного мусора, которые резко усугубляют локальную экологическую ситуацию на коллекторе (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Фото участков водосбора исследуемого коллектора
(авторы фото М. В. Власов, Д. И. Ольгаренко)**

**Figure 1 – Photo of the catchment sections of the studied collector
(photo by M. V. Vlasov, D. I. Olgarenko)**

Снижение вероятности отрицательного воздействия коллекторно-дренажных вод на естественный водоприемник может быть достигнуто через нормирование допустимого воздействия, запреты и ограничения без инженерной защиты либо технологические и технические меры.

В настоящее время единственным критерием оценки качества отводимых в водные объекты коллекторно-дренажных вод является предельно

допустимая концентрация вещества². Многочисленными исследованиями установлено, что фактические концентрации загрязняющих веществ в КДВ намного превышают ПДК, причем это превышение колеблется в зависимости от сезона года [8–11]. Последнее свидетельствует о влиянии не только антропогенного фактора, но и природно-климатических условий местоположения канала.

В ранее проведенных исследованиях по оценке качества КДВ, донных отложений (ДО) и почв водосбора коллектора по общепринятым методикам было установлено существенное расхождение результатов оценок, что указало на необходимость разработки методики комплексной оценки экологического риска загрязнения коллектора и природоохранных мероприятий, направленных на минимизацию негативного воздействия коллекторно-дренажных вод на природный водоприемник [12].

Для установления влияния комплекса факторов на формирование химического состава КДВ единственным способом сегодня является проведение инструментального мониторинга воды, ДО и почв. Однако нормативно-правовыми актами проведение этой процедуры не предусмотрено, соответственно, контроль условий формирования химического состава КДВ отсутствует, следовательно невозможно дифференцировать источники поступления загрязняющих веществ и выработать действенные водоохранные мероприятия. Поэтому разработка методики определения и критериев оценки экологического риска загрязнения участков коллектора, подверженного антропогенному воздействию, учитывающей факторы, обуславливающие возникновение его проблемного состояния, является актуальной и определяет цель настоящей работы.

Материалы и методы. При разработке методики оценки обобщенного экологического риска загрязнения коллектора использованы каче-

²Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ: принят Гос. Думой Собр. Рос. Федерации 20 дек. 2001 г.: одобрен Советом Федерации Собр. Рос. Федерации 26 дек. 2001 г. Доступ из справ. правовой системы «КонсультантПлюс».

ственные и количественные показатели, характеризующие процессы и свойства объектов антропогенного воздействия на него. В методику оценки положены результаты исследований КДВ, донных отложений и почв водосбора коллекторных каналов, полученные при выполнении их химического анализа в аккредитованной лаборатории по аттестованным методикам.

Основными факторами, позволяющими выявить проблемные участки вдоль коллектора, являются качество воды, донных отложений, состояние площади водосбора, антропогенная нагрузка, природные факторы, гидрологические условия. Для оценки экологической обстановки на коллекторе предложены диагностические качественные и количественные показатели, позволяющие установить экологический риск загрязнения как отдельного участка, так и коллектора в целом. Эти показатели разделены на следующие блоки.

- 1 Назначение земель поверхностного водосбора коллектора.
- 2 Характеристика рельефа поверхностного водосбора коллектора.
- 3 Плотность агролесомелиоративных насаждений вдоль коллектора.
- 4 Характеристика сельского населенного пункта, расположенного в границах водосбора коллектора.
- 5 Характеристика ложа коллектора.
- 6 Характеристика загрязнения почвы поверхностного водосбора.
- 7 Минерализация грунтовых вод.
- 8 Удельный комбинаторный индекс загрязнения воды.
- 9 Общее содержание фосфатов в КДВ коллектора.
- 10 Характеристика донных отложений.
- 11 Категория автомобильной дороги, проходящей в границах водосбора коллектора.

Для установления уровня экологического риска загрязнения коллектора на его отдельных участках использован балльный подход, т. е. набор параметров, оценочные шкалы и интегральные показатели, суммарный вклад которых позволил охарактеризовать состояние водной среды и уровень внешнего воздействия на него.

Охарактеризуем перечисленные блоки подробнее.

Блок 1. Назначение земель. Этот блок включает градацию поверхностного водосбора коллектора по типу использования земель, и в зависимости от степени антропогенного воздействия на земли, каждому типу присваивается балл:

- земли природоохранного назначения – 1 балл;
- земли, на которых находятся многолетние насаждения, многолетние травы, агролесомелиоративные насаждения – 2 балла;
- земли сельскохозяйственного назначения, включающие пастбища, сенокосы (используемые нерационально) – 3 балла;
- земли сельскохозяйственного назначения земель, включающие пахотные и богарные земли – 4 балла;
- орошаемые земли – 5 баллов.

Блок 2. Характеристика рельефа поверхностного водосбора коллектора. Этот блок включает такой важный показатель, как уклон рельефа (в градусах), от которого зависит интенсивность диффузного стока в коллектор с прилегающей поверхности водосбора. Известно, что чем более крутой склон, тем интенсивнее поверхностный сток и меньше инфильтрация влаги в почвенную толщу.

При разработке методики использована классификация уклона поверхности для равнинных территорий, приведенная в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика рельефа при различном уклоне поверхности³

Table 1 – Characteristics of the relief with different surface slopes³

Градус уклона	Характеристика рельефа
1	2
Менее 1	Плоские (субгоризонтальные) равнины
[1; 3)	Слабонаклонные равнины (очень пологие склоны)
[3; 5)	Пологие склоны (наклонные равнины)

³Жучкова В. К., Раковская Э. М. Методы комплексных физико-географических исследований: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по геогр. специальностям. М.: Академия, 2004. 366 с. ISBN: 5-7695-1430-2.

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2
[5; 7)	Слабопокатые склоны
[7; 10)	Покатые склоны
[10; 15)	Сильнопокатые склоны
[15; 20)	Крутые склоны

В зависимости от градуса уклона рельефа поверхностного водосбора, прилегающего к коллектору, применена следующая балльная градация:

- плоский – 1 балл;
- слабонаклонный – 2 балла;
- слабопокатый и пологий – 3 балла;
- покатый – 4 балла;
- крутой и сильнопокатый – 5 баллов.

Блок 3. Плотность агролесомелиоративных насаждений вдоль канала (в м²/м). Нормы насаждения защитных лесных насаждений (агролесомелиоративных насаждений) в России регулируются комплексом нормативных актов, которые определяют требования к их созданию, содержанию и сохранению^{4, 5}.

Для оценки плотности агролесомелиоративных насаждений вдоль коллектора использована классификация защитных лесных полос по конструкции, ширине и числу рядов. По конструкции плотные (непродуваемые): ветропроницаемость вертикального профиля не более 25–30 %. Обычно это сложные многоярусные насаждения из главных, сопутствующих пород и кустарников. Ажурные: ветропроницаемость от 35 до 70 %, двухъярусные и двухпородные: главная и сопутствующая порода с кустарником.

⁴О мелиорации земель [Электронный ресурс]: Федер. Рос. Федерации от 10 янв. 1996 г. № 4-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 8 дек. 1995 г. Доступ из справ. системы «Техэксперт».

⁵Об утверждении Правил содержания мелиоративных защитных лесных насаждений и особенностей проведения мероприятий по их сохранению [Электронный ресурс]: Приказ Минсельхоза России от 30 июня 2020 г. № 367. Доступ из справ. системы «Техэксперт».

Продуваемые содержат до 30 % просветов в кронах и до 70 % между стволами. Обычно состоят из одной породы и имеют не более 2–3 рядов. Ширина зависит от зоны: для лесостепной и степной – до 9–12 м; сухостепной и полупустынной – до 12–15 м. Количество рядов в лесных полосах варьируется в зависимости от типа насаждений и условий: в лесостепной зоне – 2–3 ряда; в степной – 3–4 ряда; в сухостепной и полупустынной – 2–3 ряда⁶.

Поскольку орошаемое земледелие развито преимущественно в степной зоне, то для характеристики плотности агролесомелиоративных насаждений в м²/м вдоль канала принята следующая градация в баллах:

- более 6 м² – 1 балл;
- от 4,5 до 6 м² – 2 балла;
- от 3 до 4,5 м² – 3 балла;
- от 1,5 до 3 м² – 4 балла;
- менее 1,5 м² – 5 баллов.

Блок 4. Характеристика сельского населенного пункта. Этот блок включает количественный показатель – среднюю плотность населения. Коллекторные каналы протекают через сельские неканализованные населенные пункты, поэтому с их территории в коллектор с поверхностным стоком поступают биогены – продукты жизнедеятельности человека, тяжелые металлы как отходы от производственной деятельности человека. Учет влияния численности населения в населенном пункте в границах водосбора коллектора позволит качественно оценить уровень антропогенной нагрузки на канал на данном участке. Поэтому в зависимости от средней плотности населения сельского населенного пункта принята следующая балльная градация:

- менее 5 чел./км² – 1 балл;
- от 5 до 10 чел./км² – 2 балла;

⁶Об утверждении Лесоустроительной инструкции [Электронный ресурс]: Приказ Минприроды России от 05.08.2022 № 510 (Зарегистрировано в Минюсте России 30.09.2022 № 70328). Доступ из справ. системы «Техэксперт».

- от 11 до 15 чел./км² – 3 балла;
- от 16 до 20 чел./км² – 4 балла;
- более 20 чел./км² – 5 баллов.

Блок 5. Характеристика ложа канала. От наличия берегозащитных конструкций в канале зависит отсутствие фильтрационных потерь, поступление инфильтрационного стока и грунтовых вод в канал [13]. Наихудшие условия для эксплуатации коллектора наблюдаются при его строительстве в земляном русле, при котором происходит накопление донных отложений, заиление, деформация русла, свободное перемещение водных потоков в системе «грунт–канал». В связи с этим принята следующая градация берегоукрепляющих материалов по долговечности и степени защиты отводящего канала в баллах:

- бентомат или геокомпозитный материал – 1 балл;
- геомембрана – 2 балла;
- бетонное полотно – 3 балла;
- бетонные плиты и облицовка – 4 балла;
- берегозащитное сооружение отсутствует (канал выполнен в земляном русле) – 5 баллов.

Блок 6. Характеристика загрязнения почвы поверхностного водосбора. Она определяется через суммарный показатель загрязнения почвы (Z_c) согласно СанПиН 1.2.3685⁷. В зависимости от его величины принята следующая градация: отсутствие загрязнения, при Z_c , равном нулю; низкий уровень загрязнения при Z_c менее 16; средний – 16–32; высокий – 33–128; предельно высокий – более 128 соответственно. Градация в баллах:

- менее 8 – 1 балл;
- от 8 до 16 – 2 балла;

⁷Санитарные правила и нормы. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: СанПиН 1.2.3685-21: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 28.01.2021 № 2: введ. в действие 01.03.2021. Доступ из справ. системы «Техэксперт».

- от 16 до 32 – 3 балла;
- от 32 до 128 – 4 балла;
- более 128 – 5 баллов.

Блок 7. Минерализация грунтовых вод. Грунтовые воды (ГВ) примерно на 70 % участвуют в формировании химического состава коллекторно-дренажных вод, особенно если коллектор выполнен в земляном русле. Поэтому минерализация ГВ будет определять солесодержание КДВ. В настоящее время показатель минерализация регламентируется только для воды хозяйственно-питьевого назначения (1000 мг/дм^3), для воды рек рыбохозяйственного значения этот показатель не нормируется, что обусловлено возможностью питания рек минерализованными грунтовыми водами^{6, 8}. В предлагаемой методике для оценки качества воды в коллекторе и степени влияния на ее химический состав ГВ предложена следующая градация: минимальный уровень засоления КДВ, если минерализация ГВ менее 1500 мг/дм^3 , низкий – $1500\text{--}2000$, средний – $2000\text{--}3000$, высокий – $3000\text{--}4000$ и предельно высокий – более 4000 соответственно. Градация в баллах выглядит следующим образом:

- менее 1500 мг/дм^3 – 1 балл;
- от 1500 до 2000 мг/дм^3 – 2 балла;
- от 2000 до 3000 мг/дм^3 – 3 балла;
- от 3000 до 4000 мг/дм^3 – 4 балла;
- более 4000 мг/дм^3 – 5 баллов.

Блок 8. Удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ). УКИЗВ позволяет охарактеризовать качество воды по комплексу загрязняющих веществ, присутствующих в ней. Принятая в данной методике

⁸Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]: Приказ Росрыболовства от 26.05.2025 № 296: Доступ из справ. системы «Техэксперт».

градация соответствует общепринятой градации согласно РД 52.24.643-2002⁹ и выглядит следующим образом:

- значение УКИЗВ менее 1,0 – 1 балл;
- (1,0; 2,0] – 2 балла;
- (2,0; 4,0] – 3 балла;
- (4,0; 11,0] – 4 балла;
- более 11,0 – 5 баллов.

Блок 9. Содержание фосфора (PO_4^{3-}) в КДВ. Фосфаты являются важным показателем экологического состояния водного объекта. В процессе осуществления сельскохозяйственной деятельности с дренажным стоком в воду коллекторов поступает значительное количество растворимых фосфатов, которые затем образуют малорастворимые фосфаты кальция и железа и оседают в иловую фракцию ДО. Оставшаяся часть растворимых фосфатов присутствует в воде в подвижном ионном виде. КДВ сбрасываются в природный водный объект, следовательно, привнос в природные воды избыточного количества фосфатов может привести, особенно в летний период, к эвтрофированию водного объекта. Соответственно, одним из обязательных количественных критериев, влияющим на качество природного водного объекта, является фосфорная нагрузка на коллектор. В зависимости от общего содержания фосфатов в КДВ принята следующая градация: минимальная степень загрязнения – содержание фосфатов менее предельно допустимой концентрации загрязняющих веществ, принятой для объектов рыбохозяйственного значения ($\text{ПДК}_{\text{рх}}$), низкая степень загрязнения – 1–2 $\text{ПДК}_{\text{рх}}$, средняя – 2–5 $\text{ПДК}_{\text{рх}}$, высокая 5–10 $\text{ПДК}_{\text{рх}}$, предельно высокая – более 10 $\text{ПДК}_{\text{рх}}$ соответственно. Градация в баллах для содержания фосфора (PO_4^{3-}) в КДВ следующая:

⁹Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям [Электронный ресурс]: РД 52.24.643-2002: утв. Росгидрометом 03.12.2002: введ. в действие с 2004-01-01. Доступ из справ. системы «Техэксперт».

- менее одного ПДК_{рх} – 1 балл;
- от 1 до 2 ПДК_{рх} – 2 балла;
- от 2 до 5 ПДК_{рх} – 3 балла;
- от 5 до 10 ПДК_{рх} – 4 балла;
- более 10 ПДК_{рх} – 5 баллов.

Блок 10. Характеристика донных отложений по степени их загрязнения тяжелыми металлами. ДО являются прекрасными адсорбентами комплексных и малорастворимых неорганических соединений, способствующими вторичному загрязнению водной среды, поэтому учет их состояния позволит установить их вклад в общее экологическое состояние участка коллектора. Для оценки степени загрязнения донных отложений используется формула [14]:

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_f ,$$

где C_d – степень загрязнения донных отложений;

C_f – фактор загрязнения, равный отношению фактической концентрации загрязняющего вещества (C_i) к его фоновой концентрации (C_ϕ).

Критериями оценки уровня загрязнения ДО по степени загрязнения C_d являются следующие неравенства: $C_d \leq n$ – слабый, $n < C_d \leq 2n$ – умеренный, $2n < C_d \leq 4n$ – значительный, $C_d > 4n$ – очень высокий, где n – количество элементов, по которым проводится оценка.

Градация состояния оцениваемого участка коллектора по степени загрязнения ДО следующая:

- $C_d \leq 1$ – 1 балл;
- $1 < C_d \leq n$ – 2 балла;
- $n < C_d \leq 2n$ – 3 балла;
- $2n < C_d \leq 4n$ – 4 балла;
- $C_d > 4n$ – 5 баллов.

Блок 11. Категория автомобильной дороги. Эта характеристика включает классификацию дорог, прилегающих или пересекающих коллектор по ГОСТ Р 52399-2022¹⁰, и в зависимости от интенсивности движения позволит оценить их вклад в уровень загрязнения КДВ. В зависимости от типа автомобильных дорог применяется следующая градация: воздействие на КДВ отсутствует при полном отсутствии дорог в границах водосбора коллектора; минимальное воздействие на КДВ, если в границах водосбора на участке коллектора присутствует грунтовая дорога; низкое воздействие – при наличии местной дороги; среднее – при наличии региональной; высокое – при наличии федеральной; предельно высокое – при наличии автомагистрали. Градация в баллах для категории автомобильной дороги следующая:

- грунтовая – 1 балл;
- местная – 2 балла;
- региональная – 3 балла;
- федеральная – 4 балла;
- автомагистраль – 5 баллов.

Результаты и обсуждение. Совокупность всех перечисленных и описанных показателей позволяет интегрально оценивать уровень антропогенного воздействия на исследуемый участок коллектора и устанавливать уровень экологического риска его загрязнения следующим образом: сначала качественные показатели и их балльная оценка заносятся в табличную форму, затем находится суммарный балл, по которому на опытном участке коллектора с помощью количественной градации устанавливается уровень экологического риска и дается характеристика экологической ситуации на участке. Разработанные критерии балльной оценки уровня экологического риска представлены в таблице 2.

¹⁰ГОСТ Р 52399-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования [Электронный ресурс]. Введ. 2022-01-19. Доступ из справ. системы «Техэксперт».

Таблица 2 – Критерии балльной оценки уровня экологического риска
Table 2 – Criteria for scoring the level of environmental risk

Диапазон значений суммарного балла	Уровень экологического риска	Экологическая ситуация	Класс уровня экологического риска	Соответствие антропогенной нагрузки экологической емкости ВО
≥ 6	Минимальный	Хорошая	1	Антропогенная нагрузка на 20–100 % меньше экологической емкости водного объекта
(6; 18]	Низкий (пренебрежимый)	Удовлетворительная	2	
(18; 32]	Средний (приемлемый)	Конфликтная	3	Антропогенная нагрузка на 0–20 % меньше экологической емкости водного объекта
(32; 43]	Высокий (предельно допустимый)	Напряженная	4	Антропогенная нагрузка больше экологической емкости водного объекта
(43; 55]	Предельно-высокий	Критическая	5	

При достижении высокого и предельно высокого уровней риска необходимо осуществление природоохранных мероприятий на проблемном участке коллектора.

Для апробации разработанной методики были привлечены результаты экспериментальных исследований, представленные в таблице 3, использование которых позволило охарактеризовать опытный участок коллектора с помощью сформированных качественных и количественных показателей.

Таблица 3 – Характеристика опытного участка коллектора
Table 3 – Characteristics of the collector experimental section

Оцениваемый показатель	Характеристика или значение показателя
Назначение земель	Орошаемые
Уклон рельефа поверхностного водосбора	1,2–1,5 %
Минерализация грунтовых вод	4,19 г/л
Плотность агролесомелиоративных насаждений	Насаждения отсутствуют
Сельский населенный пункт в границах водосбора коллектора	Отсутствует
Наличие берегоукрепительных сооружений	Канал выполнен в земляном русле
Суммарный показатель загрязнения почв водосбора Z_c	2,29
УКИЗВ	5,17
Степень загрязнения донных отложений	8,3
Содержание фосфора (PO_4^{3-}) в КДВ	0,15 мг/л
Наличие дороги вдоль коллектора	Отсутствует

Результаты балльной градации, а также суммарный балл по оцениваемым качественным показателям состояния исследуемого участка коллектора приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Градация в баллах и суммарный балл по оцениваемым качественным показателям состояния исследуемого участка коллектора

Table 4 – Grading in points and total score for assessed qualitative indicators of the studied collector section state

Оцениваемый показатель	Балл
1) Назначение земель	5
2) Характер уклона рельефа поверхностного водосбора	3
3) Плотность агролесомелиоративных насаждений, м ² /м	5
4) Средняя плотность населения сельского населенного пункта, чел./км ²	1
5) Градация берегоукрепляющего материала по долговечности и степени защиты отводящего канала	5
6) Характеристика загрязнения почвы поверхностного водосбора (через Z_c)	1
7) Минерализация грунтовых вод, мг/дм ³	4
8) УКИЗВ	4
9) Содержание фосфора (PO_4^{3-}) в КДВ	3
10) Степень загрязнения ДО тяжелыми металлами (n – количество определяемых металлов)	3
11) Категория автомобильной дороги (А, Б, В)	0
Итого	34

Полученный суммарный балл равен 34, что соответствует высокому значению приемлемого экологического риска, экологическая ситуация на участке напряженная. Следовательно, требуется выполнение мероприятий экологической защиты участка коллектора для снижения уровня экологического риска негативного воздействия КДВ на природный водный объект, в который осуществляется сброс коллекторно-дренажных вод.

Выводы. Разработанная методика оценки экологического риска позволяет оценить экологическую обстановку на опытном участке коллектора, используя диагностические качественные и количественные показатели, характеризующие состояние и уровень загрязнения коллекторно-дренажных вод, донных отложений в коллекторе и почв его водосбора.

Применение методики вычисления величины экологического риска

для участка коллектора по данным натурных и лабораторных исследований показало, что экологическое состояние участка напряженное и требует проведение мероприятий экологической защиты.

Список источников

1. Манжина С. А. Основные направления инженерно-экологической защиты водных объектов в зоне действия мелиоративных систем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 95, № 1. С. 318–332. EDN: СВЕОZU.
2. Масный Р. С., Сенчуков Г. А., Абраменко И. П. Актуальные вопросы эффективности водопользования в мелиоративном комплексе современной России // Экология и водное хозяйство. 2023. Т. 5, № 2. С. 1–13. DOI: 10.31774/2658-7890-2023-5-2-1-13. EDN: ZPPDFK.
3. Кушнарева А. В., Безуглова О. С. Влияние орошения на свойства почв. Обзор // Живые и биокосные системы. 2023. № 46. Ст. 4. DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-4. EDN: FHZAHV.
4. Полуэктов Е. В., Масный Р. С., Балакай Г. Т. Влияние агротехнических мероприятий и мелиоративных защитных лесных насаждений на дефляцию почв Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 2. С. 19–38. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-19-38. EDN: CRRWBV.
5. Васильев С. М., Домашенко Ю. Е., Кисиль А. А. Влияние поверхностного стока урбанизированных территорий на химический состав коллекторно-сбросных вод // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 1(29). С. 31–48. EDN: YOTSJK.
6. Performance of NIST SRM® 2917 with 13 recreational water quality monitoring qPCR assays / J. R. Willis, M. Sivaganesan, R. A. Haugland [et al.] // Water Res. 2022. Vol. 212. Article number: 118114. DOI: 10.1016/j.watres.2022.118114. EDN: BYHWPR.
7. Коновалов А. В., Коновалов М. А. Снижение экологических рисков, связанных с водными ресурсами // Проблемы анализа риска. 2020. Т. 17, № 1. С. 30–37. DOI: 10.32686/1812-5220-2020-17-1-30-37. EDN: CITTHR.
8. Стрельбицкая Е. Б., Соломина А. П. Регулирование качества дренажного стока для его повторного использования при увлажнении почв гумидной зоны России // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Москва, 29–30 марта 2016 г. М.: ВНИИ Агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 2016. С. 399–404. EDN: WZOWQZ.
9. Безднина С. Я., Овчинникова Е. В. Водоотведение в мелиорации и защита водных экосистем от загрязнения // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы юбилейной междунар. конф. г. Москва, 24–25 нояб. 2009 г. М., 2009. С. 373–380. EDN: YNPUDJ.
10. Красовская Н. Н., Дрововозова Т. И. Динамика ирригационного качества оросительной и дренажно-сбросных вод Нижне-Донской оросительной системы в 1972 и 2019–2021 годах // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 87–100. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-87-100. EDN: NXUHIW.
11. Буданов М. Ф. Система и состав контроля за качеством природных и сточных вод при использовании их для орошения. Киев: Урожай, 1970. 48 с.
12. Красовская Н. Н., Власов М. В. Характеристика качества воды малой р. Подпольная на участке сброса коллекторно-дренажных вод // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 2. С. 113–127. DOI: 10.31774/2712-9357-2025-15-2-113-127. EDN: EVELBQ.
13. Колганов А. В., Косиченко Ю. М., Складенко Е. О. Противофильтрационные

облицовки каналов с использованием геосинтетических материалов // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 3. С. 210–226. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-210-226. EDN: HKSOHN.

14. Дворникова В. С., Каверина Н. В. Геохимическое состояние донных отложений пойменных озер Подгоренского гидрографического участка р. Дон // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2016. № 1. С. 71–74. EDN: VVSHTN.

References

1. Manzhina S.A., 2025. *Osnovnye napravleniya inzhenerno-ekologicheskoy zashchity vodnykh ob"ektov v zone deystviya meliorativnykh sistem* // [The main directions of engineering and environmental protection of water bodies within the reclamation system operation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], vol. 95, no. 1, pp. 318-332, EDN: CBEOZU. (In Russian).

2. Masny R.S., Senchukov G.A., Abramenko I.P., 2023. *Aktual'nye voprosy effektivnosti vodopol'zovaniya v meliorativnom komplekse sovremennoy Rossii* [Current issues of water use efficiency in the reclamation complex of contemporary Russia]. *Ekologiya i vodnoye khozyaystvo* [Ecology and Water Management], vol. 5, no. 2, pp. 1-13, DOI: 10.31774/2658-7890-2023-5-2-1-13, EDN: ZPPDFK. (In Russian).

3. Kushnareva A.V., Bezuglova O.S., 2023. *Vliyanie orosheniya na svoystva pochv. Obzor* [The influence of irrigation on soil properties. Review]. *Zhivye i biokosnye sistemy* [Live and Bioabiotic Systems], no. 46, article 4, DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-4, EDN: FHZAHV. (In Russian).

4. Poluektov E.V., Masny R.S., Balakai G.T., 2023. *Vliyanie agrotekhnicheskikh meropriyatiy i meliorativnykh zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy na deflyatsiyu pochv Rostovskoy oblasti* [Impact of agrotechnical measures and reclamation protective forest plantations on soil deflation in the Rostov region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 2, pp. 19-38, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-19-38, EDN: CRRWBV. (In Russian).

5. Vasiliev S.M., Domashchenko Yu.E., Kisil A.A., 2018. *Vliyanie poverkhnostnogo stoka urbanizirovannykh territoriy na khimicheskiy sostav kollektorno-sbrosnykh vod* [Influence of surface runoff of urbanized territories on the chemical composition of collector-waste waters]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* [Scientific Journal of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 1(29), pp. 31-48, EDN: YOTSJK. (In Russian).

6. Willis J.R., Sivaganesan M., Haugland R.A. [et al.], 2022. Performance of NIST SRM® 2917 with 13 recreational water quality monitoring qPCR assays. *Water Res.*, vol. 212, article number: 118114, DOI: 10.1016/j.watres.2022.118114, EDN: BYHWPR.

7. Konovalov A.V., Konovalov M.A., 2020. *Snizhenie ekologicheskikh riskov, svyazannykh s vodnymi resursami* [Reducing environmental risks associated with water resources]. *Problemy analiza riska* [Issues of Risk Analysis], vol. 17, no. 1, pp. 30-37, DOI: 10.32686/1812-5220-2020-17-1-30-37, EDN: CITTHR. (In Russian).

8. Strelbitskaya E.B., Solomina A.P., 2016. *Regulirovanie kachestva drenazhnogo stoka dlya yego povtornogo ispol'zovaniya pri uvlazhnenii pochv gumidnoy zony Rossii* [Regulation of drainage runoff quality for its reuse when moistening soils in the humid zone of Russia]. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo: problemy i puti resheniya: materialy mezhdunar. nauchno-prakt. konferentsii* [Land Reclamation and Water Management: Problems and Solutions: Proceed. of the International Scientific and Practical Conference]. Moscow, D. N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, pp. 399-404, EDN: WZOWQZ. (In Russian).

9. Bezdina S.Ya., Ovchinnikova E.V., 2009. *Vodootvedenie v melioratsii i zashchita*

vodnykh ekosistem ot zagryazneniya [Water disposal in land reclamation and protection of aquatic ecosystems from pollution]. *Sovremennye problemy melioratsii i vodnogo khozyaystva: materialy yubileyной mezhdunar. konferentsii* [Current Problems of Land Reclamation and Water Management: Proceed. of the Jubilee International Conference]. Moscow, pp. 373-380, EDN: YNPUDJ. (In Russian).

10. Krasovskaya N.N., Drovovozova T.I., 2023. *Dinamika irrigatsionnogo kachestva orositel'noy i drenazhno-sbrosnykh vod Nizhne-Donskoy orositel'noy sistemy v 1972 i 2019–2021 godakh* [Dynamics of the irrigation quality of irrigation and drainage-wastewater of the Lower Don irrigation system in 1972 and 2019–2021]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 1, pp. 87-100, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-87-100, EDN: NXUHIW. (In Russian).

11. Budanov M.F., 1970. *Sistema i sostav kontrolya za kachestvom prirodnih i stochnykh vod pri ispol'zovanii ih dlya orosheniya* [System and Composition of Control over the Quality of Natural and Waste Waters When Using Them for Irrigation]. Kyiv, Urozhai Publ., 48 p. (In Russian).

12. Krasovskaya N.N., Vlasov M.V., 2025. *Kharakteristika kachestva vody maloy r. Podpol'naya na uchastke sbrosa kollektorno-drenazhnykh vod* [Water quality features of the Podpolnaya small river at the collector-drainage water discharge]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 15, no. 2, pp. 113-127, DOI: 10.31774/2712-9357-2025-15-2-113-127, EDN: EVELBQ. (In Russian).

13. Kolganov A.V., Kosichenko Yu.M., Sklyarenko E.O., 2022. *Protivofil'tratsionnye oblitsovki kanalov s ispol'zovaniem geosinteticheskikh materialov* [Impervious canal linings using geosynthetic materials]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 12, no. 3, pp. 210-226, DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-210-226, EDN: HKSOHN. (In Russian).

14. Dvornikova V.S., Kaverina N.V., 2016. *Geokhimicheskoe sostoyanie donnykh otlozheniy poymennykh ozer Podgorenskogo gidrograficheskogo uchastka r. Don* [Geochemical condition of benthal deposits in flood plain lakes of Podgorenskiy hydrographic river reach Don]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya* [Bulet. of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology], no. 1, pp. 71-74, EDN: VVSHTN. (In Russian).

Информация об авторах

Т. И. Дрововозова – ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, доцент, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, tid70.drovovozova@yandex.ru, AuthorID: 314686, ORCID: 0000-0002-8724-7799;

М. В. Власов – ведущий научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, m_vlasov@bk.ru, AuthorID: 632423, ORCID: 0000-0002-9103-1958;

Д. И. Ольгаренко – инженер, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, dan21022001@mail.ru, AuthorID: 1309966, ORCID: 0009-0005-1281-9800;

Н. Н. Красовская – научный сотрудник, кандидат технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, panya-86@mail.ru, AuthorID: 1094614, ORCID: 0000-0003-4426-7762.

Information about the authors

T. I. Drovovozova – Leading Researcher, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, tid70.drovovozova@yandex.ru, AuthorID: 314686, ORCID: 0000-0002-8724-7799;

M. V. Vlasov – Leading Researcher, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Rus-

sian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, m_vlasov@bk.ru, AuthorID: 632423, ORCID: 0000-0002-9103-1958;

D. I. Olgarenko – Engineer, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, dan21022001@mail.ru, AuthorID: 1309966, ORCID: 0009-0005-1281-9800;

N. N. Krasovskaya – Researcher, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, panya86@mail.ru, AuthorID: 1094614, ORCID: 0000-0003-4426-7762.

Вклад авторов: Т. И. Дрововозова – формирование основной концепции, целей и задач исследований, формулирование выводов, написание статьи. М. В. Власов – формулирование задач исследований, выводов, написание статьи. Д. И. Ольгаренко – проведение теоретических гидрохимических исследований, обработка полученных результатов, формулирование выводов. Н. Н. Красовская – обработка полученных результатов, написание статьи.

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

Contribution of the authors: T. I. Drovovozova – developed the main concept, purposes, and objectives of the research, formulated conclusions and wrote the article. M. V. Vlasov – formulated the research objectives and conclusions and wrote the article. D. I. Olgarenko – conducted theoretical hydrochemical studies, processed the obtained results and formulated conclusions. N. N. Krasovskaya – processed the obtained results and wrote the article.

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 15.05.2026; одобрена после рецензирования 16.06.2026; принята к публикации 18.08.2026.

The article was submitted 15.05.2026; approved after reviewing 16.06.2026; accepted for publication 18.08.2026.