

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья

УДК 631.95

Методический подход к оценке экологического состояния водотока и степени антропогенной нагрузки на него

Михаил Вячеславович Власов¹, Татьяна Ильинична Дрововозова²,
Даниил Игоревич Ольгаренко³

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

¹m_vlasov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9103-1958>

²tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

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

Аннотация. Цель: разработать методический подход к оценке экологического состояния водотока и степени антропогенной нагрузки на него, предложения по оптимизации мониторинга антропогенного воздействия на водоток. **Материалы и методы.** Представлены способ расчета коэффициента естественной защищенности водосбора водотока и степени антропогенной нагрузки на него, критерии качественной и количественной характеристик антропогенной нагрузки на водоток в зависимости от вида использования земель в границах поверхностного водосбора. **Результаты и обсуждение.** Описаны основные положения методического подхода к оценке экологического состояния водотока и антропогенной нагрузки на него. Показано, что коллекторный канал в границах населенного пункта характеризуется высшей степенью антропогенной нагрузки (90 %) и практически полным отсутствием естественной защищенности от антропогенного воздействия. Коэффициент естественной защищенности поверхностного водосбора в границах орошаемых земель равен 0,143, степень антропогенной нагрузки на канал составила 85,7 %, охарактеризована как высшая, причем теоретическими расчетами установлено, что в случае наличия защитных лесных насаждений вдоль участка коллектора она (в пределах этого участка) снижается на 3 %. Коэффициент естественной защищенности поверхностного водосбора в границах богарных земель равен 0,4, степень антропогенной нагрузки составила 60 % и охарактеризована как высокая. **Выводы.** Расчеты степени антропогенной нагрузки на водоток в зависимости от вида использования земель в границах поверхностного водосбора коллектора показали, что она возрастает в следующей последовательности: богарные земли → орошаемые земли → населенный пункт. Разработанные основные положения методического подхода к оценке экологического состояния водотока и степени антропогенной нагрузки на него постулируют, что допустимая антропогенная нагрузка на участок малого водного объекта в зоне влияния коллекторного канала не должна превышать экологическую емкость водного объекта.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка на водный объект, экологическая емкость водного объекта, коллектор, мониторинг, система показателей оценки экологического состояния

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

Для цитирования: Власов М. В., Дрововозова Т. И., Ольгаренко Д. И. Методический подход к оценке экологического состояния водотока и степени антропогенной нагрузки на него // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 113–128.

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

Original article

A methodological approach to assessing the ecological state of a watercourse and the degree of anthropogenic load on it

Mikhail V. Vlasov¹, Tatyana I. Drovovozova², Daniil I. Olgarenko³

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

¹m_vlasov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9103-1958>

²tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

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

Abstract. Purpose: to develop a methodological approach to assessing the ecological state of a watercourse and the degree of anthropogenic load on it, proposals for optimizing the monitoring of anthropogenic impact on the watercourse. **Materials and methods.** The method for calculating the coefficient of natural protection of a watercourse catchment area and the degree of anthropogenic load on it, criteria for the qualitative and quantitative characteristics of the anthropogenic load on a watercourse depending on the type of land use within the boundaries of the surface catchment is presented. **Results and discussion.** The main provisions of the methodological approach to assessing the ecological state of a watercourse and the anthropogenic load on it are described. It is shown that the collector canal within the boundaries of a populated area is characterized by the highest degree of anthropogenic load (90 %) and an almost complete lack of natural protection from anthropogenic impact. The coefficient of natural protection of the surface catchment within the boundaries of irrigated lands is 0.143, the degree of anthropogenic load on the canal was 85.7 %, characterized as the highest, and theoretical calculations have established that in the case of protective forest plantations along the collector section, it (within this section) decreases by 3 %. The coefficient of natural protection of the surface catchment within the boundaries of dry lands is 0.4, the degree of anthropogenic load was 60 % and characterized as high. **Conclusions.** Calculations of the degree of anthropogenic load on the watercourse depending on the type of land use within the boundaries of the surface catchment of the collector showed that it increases in the following sequence: dry lands → irrigated lands → populated area. The developed fundamental principles of the methodological approach to assessing the ecological state of a watercourse and the degree of anthropogenic load on it postulate that the permissible anthropogenic load on a section of a small water body in the zone of influence of a collector channel should not exceed the ecological capacity of the water body.

Keywords: anthropogenic load on a water body, ecological capacity of a water body, collector, monitoring, indicator system for assessing the ecological state

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

For citation: Vlasov M. V., Drovovozova T. I., Olgarenko D. I. A methodological approach to assessing the ecological state of a watercourse and the degree of anthropogenic load on it. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2026;98(1):113–128. (In Russ.).

Введение. Изучению и разработке методов оценки экологического состояния природных вод, посвящены работы О. А. Алекина, В. В. Шабано-

ва, В. Н. Маркина, Е. А. Абрамовой, Г. А. Оболдиной, Г. А. Самбурского, А. Н. Попова, В. Д. Федорова, А. П. Левича, Е. Л. Воробейчика, О. Ф. Садыкова, М. Г. Фарафонова, Н. Г. Булгакова, В. П. Максимова, Д. Б. Гелашвили и др.¹ [1–9]. В работах этих авторов предложены и изучены методы оценки качества водной среды по интегральным показателям относительно предельно допустимых концентраций (ПДК) преимущественно для водных объектов рыбохозяйственного значения. Изучение донных отложений (ДО) отражено в работах Г. Г. Матишова, М. Д. Молева, В. С. Дворниковой, Н. В. Кавериной, С. И. Паскарелова и др. [10–14]. При оценке качества ДО авторы сравнивали фактические концентрации веществ с их фоновыми концентрациями, однако если для оценки качества воды в нормативных документах строго указано, что за фоновый створ принимается створ 500 м выше створа сброса сточных вод², то для ДО, согласно РД 52.24.609-2013 п. 5.1.2.3, «верхний (фоновый) створ обычно устанавливают на расстоянии не менее 1 км выше источников загрязнения на участках водных объектов, не подверженных влиянию сточных вод предприятий»³. В п. 5.1.2.4 указывается, что «при идентификации конкретного источника загрязнения между створами выше и ниже источников загрязнения устанавливают дополнительные створы, характеризующие влияние отдельных источников загрязнения»². При этом типы и характеристики ДО в исследуемых створах должны быть идентичны. Такой подход к установлению фонового створа приводит к необходимости изучить весь водосбор водного объекта с целью установления всех источников загрязнения и створа, не подверженного их

¹Алекин О. А. Основы гидрохимии: учеб. пособие для гидрометеорол. ин-тов и гос. ун-тов. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 444 с.

²Об 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 мая 2025 г. № 296: по состоянию на 1 сент. 2025 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

³Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов [Электронный ресурс]: РД 52.24.609-2013. Введ. 2013-09-02. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

влиянию. Если водный объект на всем своем протяжении находится под влиянием различных источников загрязнения, то установление фонового створа становится затруднительным.

В работе В. С. Валиева, Д. В. Иванова, Р. Р. Шагидуллина предпринят комплексный подход к оценке водной среды, связывающий качество водной среды (УКИЗВ) с качеством донных отложений (УКИЗДО), который позволяет учесть процессы депонирования и эмиссии загрязняющих веществ в системе «вода – донные отложения» [13].

В настоящее время действуют нормативные документы по оценке качества природных вод и ДО, направленные на решение задач государственного контроля за состоянием водных объектов и оценивающие исследуемые объекты по отдельности и в комплексе^{4, 5, 6}.

В изученных работах оценка качества водной среды проводится с учетом источников сброса сточных вод либо других источников антропогенного воздействия, таких, как населенные пункты, инженерные сооружения, то же относится и к ДО [4, 5, 13]. В орошаемом земледелии частью гидрографической сети являются искусственные каналы, которые являются источником загрязнения природных водных объектов. Поэтому разработка методического подхода к оценке экологического состояния коллекторного канала, а также участка малого водного объекта в зоне его воздействия, степени антропогенной нагрузки на них, предложений по оптимизации мониторинга антропогенного воздействия на искусственный и естественный водотоки, является актуальным исследованием.

⁴ГОСТ Р 58556-2019. Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций [Электронный ресурс]. Введ. 2020-05-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

⁵РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям [Электронный ресурс]. Введ. 2004-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

⁶Об утверждении Методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов [Электронный ресурс]: Приказ Минприроды России (М-ва природных ресурсов и экологии РФ) от 24 февр. 2014 г. № 112. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

Цель работы – разработать методический подход к оценке экологического состояния водотока и степени антропогенной нагрузки на него, предложения по оптимизации мониторинга антропогенного воздействия на водоток.

Материалы и методы. Для оценки экологического состояния бассейна реки, а также степени антропогенной нагрузки на природно-техническую систему бассейна малой реки, разработана методика, усовершенствованная в работах Т. В. Иванковой с учетом назначения реки [5, 15, 16].

В данной работе метод оценки экологического состояния водотока, усовершенствован в части учета вида использования земель сельскохозяйственных ландшафтов. Предложен способ расчета коэффициента степени устойчивости поверхностного водосбора водотока к антропогенному воздействию (k_y), представлены критерии качественной и количественной характеристик антропогенной нагрузки на водоток в зависимости от типа использования земель.

Коэффициент естественной защищенности i -го участка поверхностного водосбора водотока ($K_{езi}$) рассчитывался по формуле:

$$K_{езi} = k_{yi} \cdot \frac{S_i}{S_{общ}}, \quad (1)$$

где k_{yi} – коэффициент степени устойчивости i -го участка в границах поверхностного водосбора водотока;

S_i – площадь участка определенного вида использования в границах i -го участка поверхностного водосбора, км²;

$S_{общ}$ – общая площадь i -го участка поверхностного водосбора водотока, км².

Степень антропогенной нагрузки на i -й участок водотока ($C_{АНi}$) определяли, как $C_{АНi} = (1 - K_{езi}) \cdot 100\%$.

Основными показателями, позволяющими подходить дифференци-

рованно к установлению степени антропогенной нагрузки на водоток на различных его участках, являются:

- населенные пункты, автодороги;
- сельскохозяйственные предприятия;
- тип использования сельскохозяйственных земель (пашни (богарные, орошаемые, осушаемые), пастбища, луга и т. п.);
- наличие на водосборе лесов, лесозащитных полос, многолетних насаждений, трав;
- наличие природоохранных или неиспользуемых земель.

В таблице 1 приведены качественные и количественные характеристики степени антропогенной нагрузки на участок водотока в зависимости от вида использования земель в границах поверхностного водосбора этого участка.

Таблица 1 – Качественные и количественные характеристики антропогенной нагрузки на водоток в зависимости от вида использования земель в границах поверхностного водосбора водотока

Table 1 – Qualitative and quantitative characteristics of anthropogenic load on a watercourse depending on the type of land use within the boundaries of the surface catchment area of the watercourse

Характеристика степени антропогенной нагрузки	Степень антропогенной нагрузки, $C_{АН}$, %	Вид использования земель	Степень устойчивости k_y
1	2	3	4
Высшая	Более 80	Земли сельских населенных пунктов, автодороги, земли с расположенными на них складскими помещениями с удобрениями и агрохимикатами, машинно-технологические станции, фермы крупного рогатого скота	0,1
Очень высокая	61–80	Орошаемые и/или осушаемые земли	0,2
Высокая	41–60	Пахотные богарные земли; пастбища, сенокосы, используемые нерационально	0,4
Умеренная	21–40	Многолетние насаждения, многолетние травы; орошаемые и богарные земли, защищенные агролесомелиоративными насаждениями	0,6

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4
Низкая	0–20	Леса, используемые ограниченно. Агро-лесомелиоративные насаждения	0,8
Отсутствует	0	Природоохранные и неиспользуемые земли	1

Результаты и обсуждение. При разработке методики оценки экологического состояния водотока и степени антропогенной нагрузки на него, в частности, экологического состояния водного объекта в зоне влияния гидромелиоративной системы разработаны основные положения методического подхода к таковой оценке, а именно:

- допустимая антропогенная нагрузка на участок малого водного объекта в зоне влияния коллекторного канала не должна превышать экологическую емкость водного объекта, оцениваемую с точки зрения способности к самоочищению, возможности использования водного объекта для обитания водных растений и животных, для рекреационных целей;

- система оценки экологической емкости водного объекта должна включать в себя разработку нормативов допустимого воздействия на него и обязательное соблюдение этих нормативов. Под экологической емкостью водного объекта понимается антропогенная нагрузка, которую он способен воспринять, сохраняя свою экологическую и гидрохимическую устойчивость;

- в систему показателей оценки экологического состояния участка водного объекта в зоне влияния коллекторного канала, самого коллекторного канала и антропогенной нагрузки на них должны входить показатели для установления экологической ситуации и обобщенного экологического риска на каждом из участков водосбора, коэффициент защищенности участка поверхностного водосбора, степень антропогенной нагрузки;

- показатели, определяющие для водотоков экологическую ситуацию и обобщенный экологический риск, должны учитывать рельефный, растительный, природный и антропогенный факторы воздействия на химический состав воды в них;

- коэффициент защищенности i -го участка поверхностного водосбора, степень антропогенной нагрузки на него должны учитывать степень устойчивости этого участка в границах поверхностного водосбора водотока, площадь i -го участка определенного вида использования в границах поверхностного водосбора, общую площадь поверхностного водосбора водотока;

- нормирование поверхностного стока с территорий населенных пунктов и сельскохозяйственных ландшафтов, не подверженных оросительной мелиорации, для неорганизованного стока необходимо проводить по укрупненным расчетным методикам;

- состояние водного объекта необходимо оценивать по гидрологическим и гидрохимическим характеристикам водоприемника, по его способности к самоочищению, накоплению и разложению основных загрязняющих веществ;

- необходимо оценивать воздействие антропогенных нагрузок (агротехнологий) на почвы в границах водосбора, коллекторно-дренажные воды (КДВ), природные воды;

- в границах сельскохозяйственного ландшафта и сельских населенных пунктов необходимо контролировать биохимическое потребление кислорода за пять суток, концентрации взвешенных веществ, нитрат-ионов, аммоний-ионов и фосфора фосфатов, сухого остатка, тяжелых металлов;

- в рамках нового федерального проекта «Комплексная система мониторинга качества окружающей среды» в рамках нацпроекта «Экология» необходимо вводить систему автоматического мониторинга сбросов КДВ как обязательный элемент контроля, позволяющий цифровизировать экологический контроль за качеством отводимых КДВ. Такой подход позволит с помощью специализированных программ ИАСЭМ (информационно-аналитическая система экологического мониторинга), ИАС ПЭМиК (информационно-аналитическая система производственного экологического мониторинга и контроля) и других геоинформационных систем получать данные о состоянии водных объектов в зоне влияния гидромелиоративных систем;

- для обеспечения экологической безопасности водных объектов в зоне влияния гидромелиоративных систем необходимо разработать мероприятия, при которых антропогенные нагрузки находились бы в пределах экологической емкости водного объекта.

Результаты собственных исследований внутрисезонной изменчивости химического состава КДВ на типичных участках коллектора применены при расчете коэффициента защищенности участка поверхностного водосбора коллекторного канала и степени антропогенной нагрузки на него по усовершенствованной методике в зависимости от вида использования земель в границах поверхностного водосбора канала. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты естественной защищенности участка водосбора коллектора и степень антропогенной нагрузки на него

Table 2 – Coefficients of natural protection of the collector's water catchment area and the degree of anthropogenic load on it

Характеристика участка	Площадь участка водосбора S_i , км ²	Доля водосбора одного типа на i -м участке	k_y	K_{ez} участка по виду использования земель	$C_{АН}$, %
Богарные земли	2,82	1,0	0,4	0,4	60
Орошаемые земли	2,59	0,717	0,2	0,143	85,7
Орошаемые земли, отделенные защитными лесонасаждениями	1,02	0,283	0,6	0,17	83,0
Населенный пункт	0,62	1,0	0,1	0,1	90

Расчеты показали, что коллекторный канал в границах населенного пункта характеризуется высшей степенью антропогенной нагрузки (90 %) и практически полным отсутствием естественной защищенности от антропогенного воздействия. Коэффициент естественной защищенности поверхностного водосбора в границах орошаемых земель равен 0,143, степень антропогенной нагрузки на канал – 85,7 %, что характеризует ее как высшую. На участке поверхностного водосбора, представленного орошаемыми землями, защищенными агролесомелиоративной полосой, коэффициент есте-

ственной защищенности равен 0,17, а степень антропогенной нагрузки на участке водотока составила 83 %. Коэффициент естественной защищенности поверхностного водосбора в границах богарных земель равен 0,4, степень антропогенной нагрузки составила 60 %, соответственно, $C_{АН}$ высокая. Следовательно, по степени возрастания антропогенной нагрузки на коллектор участка водосбора можно расположить в следующей последовательности: богарные земли → орошаемые земли → населенный пункт.

Очевидно, что если бы коллекторный канал на всем протяжении сопряжения с сельскохозяйственными землями (богарными и орошаемыми) был бы отделен защитной агролесомелиоративной полосой, то коэффициент естественной защищенности водотока достиг бы значения 0,6, а степень антропогенной нагрузки на канал снизилась до 40 % и стала бы умеренной. В сочетании с инженерными мероприятиями можно снизить степень антропогенной нагрузки на канал до низкого значения.

Для учета множества факторов воздействия на коллекторный канал необходимо разработать систему показателей оценки экологического состояния коллекторного канала, позволяющей дифференцировать загрязнение КДВ по источникам антропогенного воздействия и установить долю влияния на него оросительной мелиорации.

Для учета множества факторов воздействия на участок малого водного объекта на расстоянии 500 м выше и 500 м ниже створа организованного сброса КДВ необходимо разработать систему показателей оценки антропогенной нагрузки и экологического состояния этого участка для установления экологической ситуации и обобщенного экологического риска на участке в зоне влияния коллекторно-дренажной сети.

Основными блоками системы показателей оценки антропогенной нагрузки и экологического состояния водотоков, позволяющими подходить дифференцированно к установлению условий формирования химического состава воды на различных участках, являются:

- населенный пункт с численностью населения в границах водосбора;
- характеристика рельефа поверхностного водосбора;
- тип использования сельскохозяйственных земель;
- минерализация грунтовых вод;
- наличие на водосборе лесозащитных полос;
- содержание биогенов в почве водосбора;
- УКИЗВ, УКИЗДО, коэффициент донной аккумуляции.

С целью обеспечения экологической безопасности водного объекта в зоне влияния гидромелиоративной системы разработан алгоритм оптимизации мониторинга антропогенного воздействия на водоток и установления необходимости проведения природоохранных мероприятий (ПОМ) (рисунок 1).

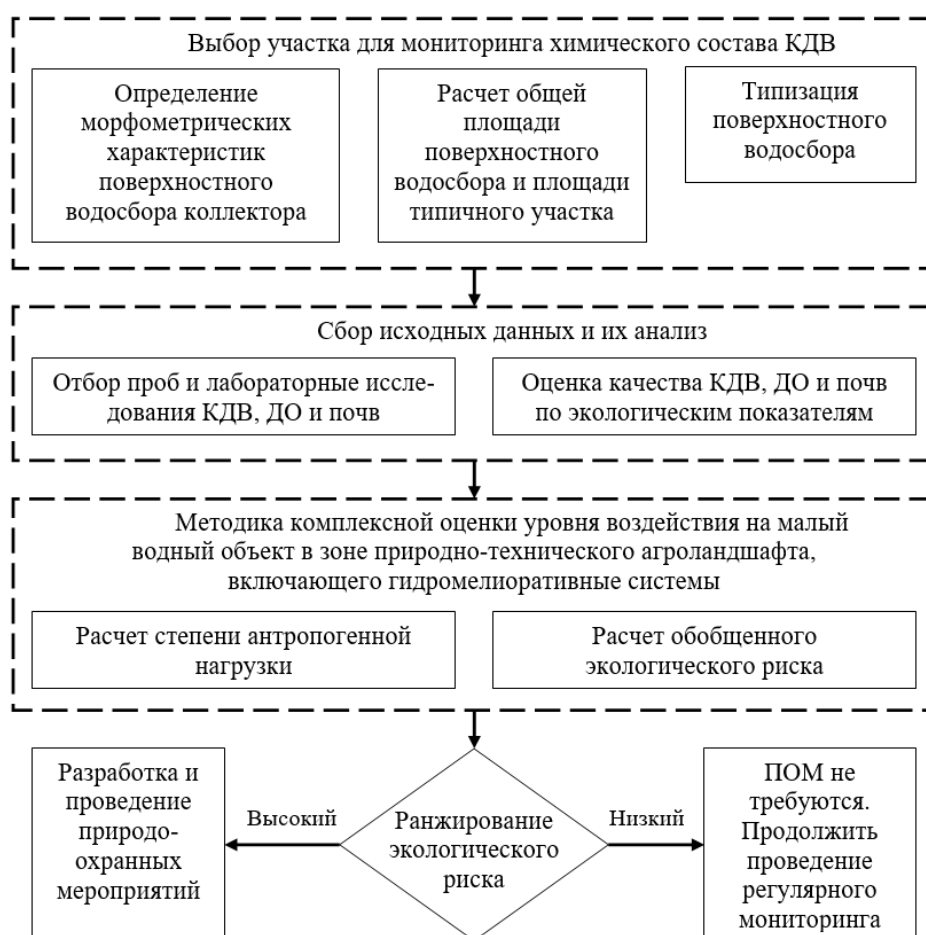


Рисунок 1 – Алгоритм мониторинга и обоснования необходимости проведения ПОМ

Figure 1 – Algorithm for monitoring and justifying the need for conducting nature conservation activities

При разработке алгоритма использованы: порядок учета условий формирования химического состава коллекторно-дренажного стока, позволяющего установить факторы формирования химического состава КДВ, методика дифференцированной оценки качества КДВ в зависимости от типа поверхностного водосбора, а также нормативно-методические документы по охране естественного водоприемника и искусственного водотока.

Выводы. Рассчитаны коэффициенты естественной защищенности участков водосбора коллектора в границах богарных, орошаемых земель, населенного пункта, которые равны 0,4; 0,143 и 0,1 соответственно. Степень антропогенной нагрузки для этих участков соответственно равна 60, 85,7 и 90 %.

Разработаны основные положения методического подхода к оценке экологического состояния водотока и степени антропогенной нагрузки на него, постулирующие, что допустимая антропогенная нагрузка на участок малого водного объекта в зоне влияния коллекторного канала не должна превышать экологическую емкость водного объекта.

Предложены основные блоки системы показателей оценки антропогенной нагрузки и экологического состояния водотоков, включающие всю совокупность показателей, позволяющих дифференцировать источники антропогенной нагрузки на водоток на различных его участках. Разработан алгоритм оптимизации мониторинга антропогенного воздействия на водоток и установления необходимости проведения природоохранных мероприятий.

Список источников

1. Попов А. Н. О методологии проведения реабилитации поверхностных водных объектов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 4. С. 87–107. DOI:10.35567/19994508-2024-4-87-107. EDN: YDFLKW.
2. Шабанов В. В., Маркин В. Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. М.: МГУП, 2009. 154 с.
3. Оболдина Г. А., Самбурский Г. А., Попов А. Н. Оценка экологического состояния водных объектов: унифицированные подходы для выполнения задач национального проекта «Экология» // Водное хозяйство России. 2019. № 4. С. 32–56. EDN: SVLJWT.
4. Современные научные и методические подходы к мониторингу водных объ-

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 113–128.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2026. Vol. 98, no. 1. P. 113–128.

ектов и сточных вод: научный обзор / О. В. Киёк, А. Н. Редько, Э. Ю. Енина, А. С. Круподер, А. П. Богдан // Экология человека. 2025. Т. 32, № 9. С. 616–627. DOI: 10.17816/humeco690078. EDN: YHTDQI.

5. Ширяева М. А., Науменко Н. О., Карпенко Н. П. Применение инновационных технологий гидрологического мониторинга в целях прогнозирования качества воды водного объекта // Медицина труда и экология человека. 2024. № 2(38). С. 175–190. DOI: 10.24412/2411-3794-2024-10212. EDN: PIBWBY.

6. Mkrtchyan F. A., Soldatov V. Yu., Mkrtchyan M. A. Expert system for automating hydrophysical studies for the purpose of adaptive identification of water environment parameters in the optical range // Problems of Environment and Natural Resources. 2024. № 6. С. 129–144. DOI: 10.36535/0235-5019-2024-06-4. EDN: NTXDHF.

7. Bergua J. F., Hu L., Fuentes-Chust C., et al. Lateral flow device for water fecal pollution assessment: from troubleshooting of its microfluidics using bioluminescence to colorimetric monitoring of generic *Escherichia coli* // Lab Chip. 2021. № 21(12). P. 2417–2426. DOI: 10.1039/d1lc00090j. EDN: HJXUAN.

8. Willis J. R., Sivaganesan M., Haugland R. A., et al. Performance of NIST SRM® 2917 with 13 recreational water quality monitoring qPCR assays // Water Res. 2022. № 212. Article number: 118114. DOI: 10.1016/j.watres.2022.118114. EDN: BYHWPR.

9. Yaroshenko I., Kirsanov D., Marjanovic M., et al. Real-time water quality monitoring with chemical sensors // Sensors (Basel). 2020. V. 12. № 20. С. 3432. DOI: 10.3390/s20123432. EDN: OWGRHO.

10. 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.

11. Молев М. Д., Паскарелов С. И., Мирошниченко Д. Е. Оценка содержания тяжелых металлов в донных отложениях реки Дон // Дневник науки. 2023. № 5(77). Порядковый номер 40. DOI: 10.51691/2541-8327_2023_5_25. EDN BSBIUG.

12. Донные отложения дельты Дона и содержание техногенных радионуклидов в них / Г. Г. Матишов, В. В. Польшин, Г. В. Ильин, Г. С. Усягина // Наука Юга России. 2023. Т. 19. № 3. С. 29–38. DOI: 10.7868/S25000640230305. EDN: IVPHPJ.

13. Валиев В. С., Иванов Д. В., Шагидуллин Р. Р. Метод комплексной оценки загрязненности донных отложений // Труды Карельского научного центра РАН. 2019. № 9. С. 51–59. DOI: 10.17076/lim1122. EDN: FXERCC.

14. Багманов К. Р., Шамаев Д. Е. Цифровые решения для мониторинга загрязнения донных отложений водоемов тяжелыми металлами и нефтепродуктами // Пищевые технологии и биотехнологии: материалы XIX Всеросс. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов с междунар. участием, г. Казань, 21–25 апр. 2025 г. Казань, 2025. С. 1113–1125. EDN: FHPVOR.

15. Карпенко Н. П. Оценка геоэкологической ситуации речных бассейнов на основе атрибутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков / Природообустройство. 2018. № 2. С. 15–22. EDN: XNSHWH.

16. Иванкова Т. В. Оценка степени антропогенной нагрузки в бассейне малой реки Альмы // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 12. С. 4–12. DOI: 10.35776/MNP.2019.12.01. EDN: ALEVJ.

References

1. Popov A.N., 2024. *O metodologii provedeniya rehabilitatsii poverkhnostnykh vodnykh ob'yektov* [On the methodology of the surface water bodies rehabilitation]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Management of Russia: Problems,

Technologies and Management], no. 4, pp. 87-107, DOI: 10.35567/19994508-2024-4-87-107, EDN: YDFLKW. (In Russian).

2. Shabanov V.V., Markin V.N., 2009. *Metod otsenki kachestva vod i sostoyaniya vodnykh ekosistem* [Method of Assessing Water Quality and the State of Aquatic Ecosystems]. Moscow, Moscow GUP, 154 p. (In Russian).

3. Oboldina G.A., Sambursky G.A., Popov A.N., 2019. *Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ob'yektov: unifikirovannye podkhody dlya vypolneniya zadach natsional'nogo proekta «Ekologiya»* [Assessment of the Water Bodies Ecological Status: Unificated Approaches to attaining of the “Ecology” national project objectives]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii* [Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management], no. 4, pp. 32-56, EDN: SVLJWT. (In Russian).

4. Kiyok O.V., Redko A.N., Enina E.Yu., Krupoder A.S., Bogdan A.P., 2025. *Sovremennye nauchnye i metodicheskie podkhody k monitoringu vodnykh ob'yektov i stochnykh vod: nauchnyy obzor* [Modern scientific and methodological approaches to monitoring water bodies and wastewater: a scientific review]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], vol. 32, no. 9, pp. 616-627, DOI: 10.17816/humeco690078, EDN: YHTDQI. (In Russian).

5. Shiryayeva M.A., Naumenko N.O., Karpenko N.P., 2024. *Primenenie innovatsionnykh tekhnologiy gidrologicheskogo monitoringa v tselyakh prognozirovaniya kachestva vody vodnogo ob'yekta* [Innovative hydrological monitoring technologies for water bodies quality predicting]. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka* [Occupational Health and Human Ecology], no. 2(38), pp. 175-190, DOI: 10.24412/2411-3794-2024-10212, EDN: PIBWBY. (In Russian).

6. Mkrtychyan F.A., Soldatov V.Yu., Mkrtychyan M A., 2024. Expert system for automating hydrophysical studies for the purpose of adaptive identification of water environment parameters in the optical range. *Problems of Environment and Natural Resources*, no. 6, pp. 129-144, DOI: 10.36535/0235-5019-2024-06-4, EDN: NTXDHF.

7. Bergua J.F., Hu L., Fuentes-Chust C., [et al.], 2021. Lateral flow device for water fecal pollution assessment: from troubleshooting of its microfluidics using bioluminescence to colorimetric monitoring of generic *Escherichia coli*. *Lab Chip*, no. 21(12), pp. 2417-2426, DOI: 10.1039/d1lc00090j, EDN: HJXUAH.

8. 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*, no. 212, article number: 118114, DOI: 10.1016/j.watres.2022.118114, EDN: BYHWPR.

9. Yaroshenko I., Kirsanov D., Marjanovic M., [et al.], 2020. Real-time water quality monitoring with chemical sensors. *Sensors (Basel)*, vol. 12, no. 20, pp. 3432, DOI: 10.3390/s20123432, EDN: OWGRHO.

10. 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 the Podgorensky Hydrographic Section of the Don River]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya* [Proceed. of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology], no. 1, pp. 71-74, EDN: VVSHTN. (In Russian).

11. Molev M.D., Paskarelov S.I., Miroshnichenko D.E., 2023. *Otsenka sodержaniya tyazhelykh metallov v donnykh otlozheniyakh reki Don* [Evaluation of the heavy metal content in bottom sediments of the Don River]. *Dnevnik nauki* [Science Diary], no. 5(77), no. 40, DOI: 10.51691/2541-8327_2023_5_25, EDN BSBIUG. (In Russian).

12. Matishov G.G., Polshin V.V., Ilyin G.V., Usyagina G.S., 2023. *Donnye otlozheniya del'ty Dona i sodержanie tekhnogennykh radionuklidov v nikh* [Bottom sediments of the Don Delta and the content of technogenic radionuclides in them]. *Nauka Yuga Rossii* [Science of the South of Russia], vol. 19, no. 3, pp. 29-38, DOI: 10.7868/S25000640230305, EDN: IVPHPJ. (In Russian).

13. Valiev V.S., Ivanov D.V., Shagidullin R.R., 2019. *Metod kompleksnoy otsenki zagryaznennosti donnykh otlozheniy* [A method for integrated assessment of sediment pollution]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceed. of Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], no. 9, pp. 51-59, DOI: 10.17076/lim1122, EDN: FXERCC. (In Russian).

14. Bagmanov K.R., Shamaev D.E., 2025. *Tsifrovyye resheniya dlya monitoringa zagryazneniya donnykh otlozheniy vodoemov tyazhelymi metallami i nefteproduktami* [Digital solutions for monitoring pollution of bottom sediments of water bodies by heavy metals and petroleum products]. *Pishchevyye tekhnologii i biotekhnologii: materialy KHIX Vseross. konf. molodykh uchenykh, aspirantov i studentov s mezhdunar. uchastiem* [Food Technologies and Biotechnology: Proceed. of the 19th All-Russian Conference of Young Scientists, Postgraduate Students, and Students with International Participation]. Kazan, pp. 1113-1125, EDN: FHPVOR. (In Russian).

15. Karpenko N.P., 2018. *Otsenka geoekologicheskoy situatsii rechnykh basseynov na osnove atributivnykh pokazateley i obobshchennykh geoekologicheskikh riskov* [Assessment of the geocological situation of river basins based on attribute indices and generalized geocological risks]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 2, pp. 15-22, EDN: XNSHWH. (In Russian).

16. Ivankova T.V., 2019. *Otsenka stepeni antropogennoy nagruzki v bassejne maloy reki Al'my* [Assessment of the degree of anthropogenic load in the basin of the small Alma River]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Technique], no. 12, pp. 4-12, DOI: 10.35776/MNP.2019.12.01, EDN: ALEVJ. (In Russian).

Информация об авторах

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

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

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

Information about the authors

M. V. Vlasov – Leading Researcher, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Russian Federation, m_vlasov@bk.ru, Author ID: 632423, ORCID: 0000-0002-9103-1958;

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

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

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

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 113–128.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2026. Vol. 98, no. 1. P. 113–128.

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

Contribution of the authors: M. V. Vlasov – conducted theoretical hydrochemical studies, formulated conclusions, and participated in writing the article. T. I. Drovovozova – developed the main concept, goals, and objectives of the research, formulated conclusions, and participated in writing the article. D. I. Olgarenko – processed the obtained results, formulated conclusions, and participated in writing 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 30.01.2026; одобрена после рецензирования 13.02.2026; принята к публикации 07.04.2026.

The article was submitted 30.01.2026; approved after reviewing 13.02.2026; accepted for publication 07.04.2026.