



Научная статья

УДК 574.5

doi: 10.55186/25876740_2025_68_7_967

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Т.Г. Зеленская, Ю.А. Безгина, Е.Е. Степаненко,

В.А. Халикова

Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, Россия

Аннотация. Малые реки испытывают наибольшее антропогенное влияние. Это вызывает негативные изменения вследствие малого объема водного стока и большой протяженности. Один или несколько факторов могут стать причинами этих изменений. Целью исследования было проведение оценки загрязнения водного объекта на территории города Ставрополь. Проведена комплексная оценка состояния водного объекта, которую осуществляли методом определения индекса загрязненности вод. Содержание загрязняющих компонентов в воде определяли по методикам количественного химического анализа и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для государственного экологического контроля и мониторинга, а также внесенным в Государственный Реестр. В городе Ставрополе качество воды водоемов контролируется по параметрам для рыбоводных водоемов. Недостатком различных методов является несопоставимость критерии оценки по различным показателям. В качестве объекта исследования выбрана река Мутнянка, протекающая через город Ставрополь. Выбранный водный объект систематически подвергается негативному антропогенному воздействию, которое отражается на состоянии воды. Результаты количественного химического анализа проб воды, отобранных в контрольных створах реки Мутнянка в районе г. Ставрополя приведены в работе. Проведенный анализ проб воды на наличие химических веществ выявил загрязнение воды ионами аммония, средняя концентрация которых за наблюдаемый период превышала ПДК в 9,2 раз. Кроме того, при проведении исследований, в воде установлено содержание таких химических веществ, как железо, марганец, нитриты, нефтепродукты и фосфаты. Ежегодный аналитический контроль антропогенного воздействия показывает, что водный объект является наиболее загрязненным из малых рек бассейна реки Калаус. Комплексная оценка воздействия позволяет сформировать индекс загрязненности вод, который по результатам проведенных исследований систематически увеличивается.

Ключевые слова: вода, воздействие, качество, оценка, загрязняющие вещества

Original article

ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON WATER BODIES OF REGIONAL SIGNIFICANCE

**T.G. Zelenskaya, Yu.A. Bezgina, E.E. Stepanenko,
V.A. Khalikova**

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Abstract. Small rivers experience the greatest anthropogenic impact. This causes negative changes due to their small flow volumes and long lengths. One or more factors may cause these changes. The aim of the study was to assess the pollution of a water body in the city of Stavropol. A comprehensive assessment of the water body's condition was conducted using a water pollution index. The content of polluting components in water was determined using methods of quantitative chemical analysis and assessment of the state of environmental objects approved for state environmental control and monitoring, as well as included in the State Register. In the city of Stavropol, water quality in reservoirs is monitored using parameters for fish-breeding ponds. The Mutnyanka River, which flows through the city of Stavropol, was chosen as the study site. This body of water is systematically subject to negative anthropogenic impacts, which affect the water's condition. A drawback of the various methods is the incomparability of the assessment criteria for various indicators. The results of quantitative chemical analysis of water samples collected at control sites of the Mutnyanka River in the Stavropol region are presented in the paper. An analysis of water samples for the presence of chemicals revealed water contamination with ammonium ions, the average concentration of which during the observed period exceeded the MPC by 9.2 times. In addition, research has revealed that the water contains chemicals such as iron, manganese, nitrites, petroleum products and phosphates. Annual analytical monitoring of anthropogenic impacts shows that this water body is the most polluted of the small rivers in the Kalaus River basin. A comprehensive impact assessment allows us to compile a water pollution index, which has been consistently increasing based on the results of the studies.

Keywords: water, impact, quality, assessment, pollutants

Введение. Качественный анализ состояния водного объекта должен включать оценку таких параметров как урбанизация, промышленные объекты, использование земель населением и сельским хозяйством, а также учет климатических и гидравлических факторов. Только с учетом всех этих факторов можно разработать комплекс мер, направленных на предотвращение загрязнения воды [1, 2].

В речных водах степень загрязненности воды определяется временем года и соотношением долей грунтового и поверхностного стока [3].

Грунтовый сток определяет степень загрязнения вод реки водорастворимыми солями и ионами. С поверхностным стоком поступают

кроме солей загрязнители техногенного характера, такие как аммоний, нитраты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), нефтепродукты, фенолы, медь, цинк и другие продукты производственной деятельности [4].

Оценить и спрогнозировать экологическое состояние реки можно на основании изучения динамики изменения качества воды [5].

По группе физических показателей при оценке воды при антропогенном воздействии выявляется неприятный запах и высокая мутность. Причиной этого является наличие в воде загрязнителей. Помимо этого, высокое содержание БПК в реке, в несколько раз превышающее ПДК, говорит о неблагоприятной экологической обстановке в регионе [6].

Одним из самых распространенных загрязнителей является ион аммония, который проявляет себя в качестве стимулятора роста микроскопической фауны в водоемах и способствует бурному росту нитчатых и других водорослей. Также ион аммония является биофильтром веществом и повышение его концентраций в водоемах может вызвать кислородное голодаание в связи с развитием большого числа микроорганизмов [7, 8].

Загрязнение вод фенолами, СПАВ, пестицидами и другими ксенобиотиками оказывает существенное влияние на окислительно-восстановительные процессы в водной среде [9]. Среди них особую опасность представляют синтетические поверхностно-активные вещества,

которые широко используются в промышленности и быту как моющие средства [10]. Проведенный анализ проблемы свидетельствует об актуальности проводимых исследований.

Цель исследования — провести оценку загрязнения водного объекта на территории города Ставрополь.

Методы исследования. Комплексную оценку состояния водных объектов осуществляли методом определения индекса загрязненности вод (ИЗВ). Оценка по показателю ИЗВ позволяла провести сравнение качества вод за исследуемый период времени, выявить тенденцию его изменения и улучшить форму представления информации. Однако, оценка по ИЗВ, является упрощенной, так как базируется только на сравнении средних концентраций ингредиентов с установленными нормами (ПДК). Полученные в ходе исследований данные явились основанием для разработки рекомендаций по сокращению негативного воздействия на экосистему малых рек. Определение содержания в воде загрязняющих компонентов проводилось по методикам, внесенным в Государственный Реестр методик количественного химического анализа и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для государственного экологического контроля и мониторинга, по состоянию на 2024 г.

Экспериментальная база. Объект исследования: река Мутнянка города Ставрополя. На этот водный объект систематически оказывается негативное антропогенное воздействие, что отражается на состоянии воды.

В работе использованы данные ГБУ СК «Ставропольский центр государственного экологического мониторинга», полученные в ходе мониторинга качества воды реки Мутнянка на территории города Ставрополь за период 2022-2024 года. При проведении исследований учитывали гидрологические условия, определяющиеся геоморфологическим строением и литологическим составом водовмещающих отложений.

Результаты и обсуждение. Изучаемый водный объект река Мутнянка берёт своё начало в городе Ставрополь и подвергается антропогенному воздействию с самого истока. Основные источники загрязнения — производственные и бытовые отходы на берегу реки, а также несанкционированный сброс канализационных стоков от предприятий и жилых массивов индивидуального жилищного строительства. Во время осмотра окрестностей реки было отмечено несколько стихийных свалок.

Воды водного объекта испытывают очень большие техногенные нагрузки со стороны хозяйственных объектов. Для выявления степени загрязнённости реки проведен анализ проб воды на наличие превышения ПДК химических веществ по точкам отбора проб. Результаты анализа содержания химических элементов приведены в таблице 1.

Данные таблицы свидетельствуют о том, что в реке Мутнянка наблюдается превышение значений ПДК по многим показателям. Главным образом вода загрязнена ионами аммония, средняя концентрация которых за наблюдаемый период превышает ПДК в 9,2 раз. Также были выявлены сильные превышения содержания в воде таких химических элементов, как железо, марганец, нитриты, нефтепродукты и фосфаты.

Таблица 1. Сведения о результатах химических анализов воды реки Мутнянка (2024 г.)
Table 1. Information on the results of chemical analyses of water in the Mutnyanka River (2024)

Наименование загрязнителя	Концентрация веществ, мг/дм ³				Среднее значение, мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³
	апрель	май	июль	октябрь		
Ион аммония	2,78	10,7	2,7	2,25	4,61	0,5
Железо	0,38	0,14	0,1	0,23	0,21	0,1
Кадмий	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001
Магний	30,1	23,3	14,6	19,4	21,85	40,0
Марганец	0,0	0,0	0,0	0,23	0,06	0,01
Медь	0,005	0,002	0,001	0,007	0,0038	0,001
Нитраты	24,8	14,6	29,1	59,9	32,1	40,0
Нитриты	0,49	1,19	1,1	0,85	0,91	0,08
Свинец	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,006
СПАВ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Сульфаты	235,0	229,0	231,0	172,0	216,7	100,0
Хлориды	87,9	85,1	106,0	92,2	92,8	300,0
Цинк	0,02	0,02	0,01	0,06	0,03	0,01
Кальций	83,4	85,0	96,2	68,1	83,2	180,0
Нефтепродукты	0,54	0,56	0,57	0,49	0,54	0,05
Сухой остаток	708,0	747,0	743,0	537,0	683,8	1000,0
Фосфаты	2,05	0,69	1,54	1,51	1,45	0,2
БПК-5	7,3	7,1	5,4	6,4	6,55	2,25
Взвешенные вещества	161,0	384,0	273,0	265,0	270,75	300,0
K + Na	111,0	132,0	142,0	96,10	120,28	50,0
pH	7,82	7,97	8,25	7,45	7,87	6,5

Средние значения, мг/дм³

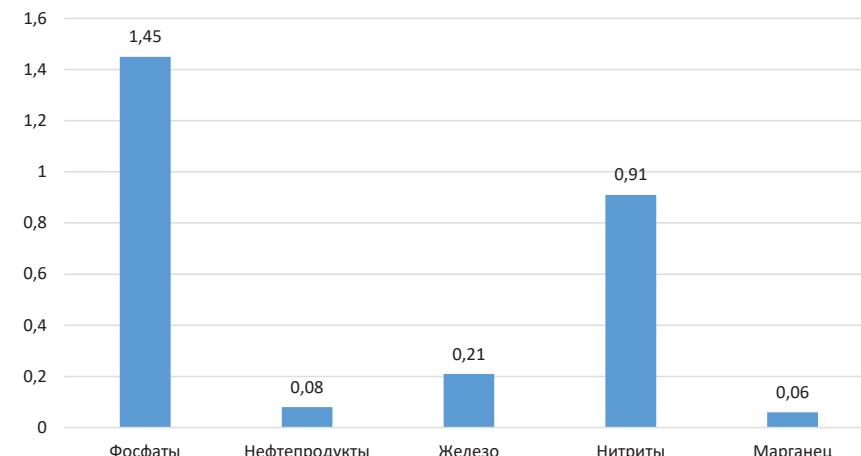


Рисунок 1. Сезонная динамика средних значений основных загрязняющих веществ (мг/дм³)
Figure 1. Seasonal dynamics of average values of main pollutants (mg/dm³)

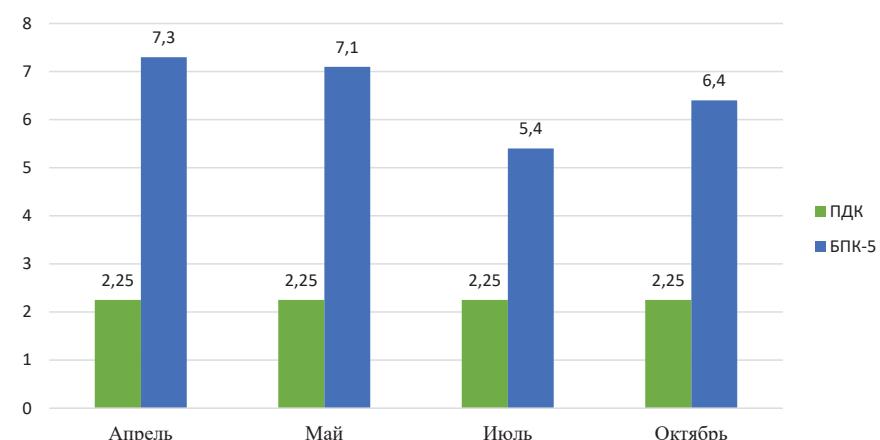


Рисунок 2. Оценка содержания БПК-5 в реке Мутнянка (мг/дм³)
Figure 2. Indicator of BOC-5 content in the Mutnyanka River (mg/dm³)



Наблюдается повышенное значение нитритов в мае, марганца в октябре, фосфатов и железа в апреле, нефтепродуктов в июле.

Сезонная динамика средних значений загрязняющих веществ приведена на рисунке 1.

Анализируя диаграмму, можно сделать вывод, что река Мутнянка в большей степени загрязнена фосфатами ($1,45 \text{ мг}/\text{дм}^3$) и нитритами ($0,91 \text{ мг}/\text{дм}^3$), наименьшее загрязнение марганцем ($0,06 \text{ мг}/\text{дм}^3$).

Важным показателем является БПК-5. Биологическое потребление кислорода (БПК) — показатель загрязнения воды органическими соединениями, определяемый количеством кислорода, израсходованным за определенное время (5 суток — БПК 5) в аэробных условиях на окисление загрязняющих веществ [1], содержащихся в единице объема воды (рисунок 2).

В среднем концентрация БПК-5 составляет $6,55 \text{ мг}/\text{дм}^3$, что превышает значение ПДК в 2,9 раза. Максимум отмечен в апреле — $7,3 \text{ мг}/\text{дм}^3$, что связано с поступлением дождевых и снежных вод в реку. Минимум отмечен в июле — $5,4 \text{ мг}/\text{дм}^3$, что связано с засушливым периодом в регионе в это время, в том числе отсутствием или малым количеством осадков в этом месяце.

Превышение показателя ПДК БПК-5 в 2,9 раза за наблюдаемый период свидетельствует о высокой степени загрязнения водного объекта органическими соединениями, поступающими из сточных вод промышленных предприятий и приводящих к гибели живых организмов, цветению реки и загрязнению почвы.

Изменения по основным загрязняющим компонентам, такие как нитриты, фосфаты, медь, марганец, нефтепродукты, аммонийные соединения и железо в р. Мутнянка за 2024 г. (рис. 3-9).

Средняя концентрация нитрит-ионов (табл. 3) составляет $0,91 \text{ мг}/\text{дм}^3$, что превышает значение ПДК в 11,4 раз. Высокое содержание нитритов в воде реки Мутнянка свидетельствует тому, что процессы разложения органических веществ происходят в медленном режиме окисления.

Наименьшее значение зафиксировано в апреле — $0,49 \text{ мг}/\text{дм}^3$, наивысшее в мае — $1,19 \text{ мг}/\text{дм}^3$ и июле — $1,1 \text{ мг}/\text{дм}^3$, что свидетельствует о высокой активности фитопланктона в жаркое время года. Превышение нитрит-ионов в воде приводит к отравлению растений, которыми питаются животные.

Средняя концентрация фосфатов в р. Мутнянка составляет $1,45 \text{ мг}/\text{дм}^3$, превышает значение ПДК в 7,3 раз (рис. 4).

Высокое содержание фосфатов в воде свидетельствует тому, что вода в р. Мутнянка является непригодной для питья и купания.

В реке происходит интенсивное развитие сине-зеленых водорослей (эвтрофикация), что способствует накоплению сероводорода и аммиака на глубине; снижению концентрации кислорода в воде; гибели рыб и растительности.

В среднем концентрация меди в р. Мутнянка за период наблюдения составляет $0,0038 \text{ мг}/\text{дм}^3$, что превышает значение ПДК в 3,8 раза (рис. 5).

Повышенное содержание меди в воде связано со сбросом промышленных сточных вод, а также с коррозией изделий, содержащих медь. Минимальное содержание меди было зарегистрировано в июле — $0,001 \text{ мг}/\text{дм}^3$, что соответствует ПДК.

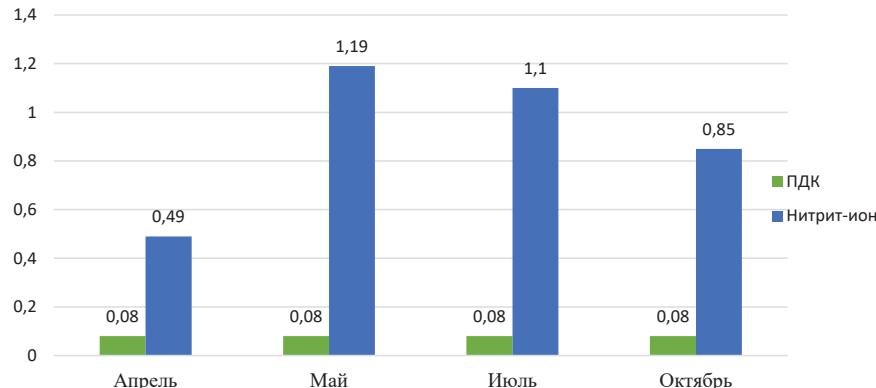


Рисунок 3. Оценка содержания нитрит-ионов в реке Мутнянка ($\text{мг}/\text{дм}^3$)

Figure 3. Indicator of the nitrite ion content in the Mutnyanka River (mg/dm^3)

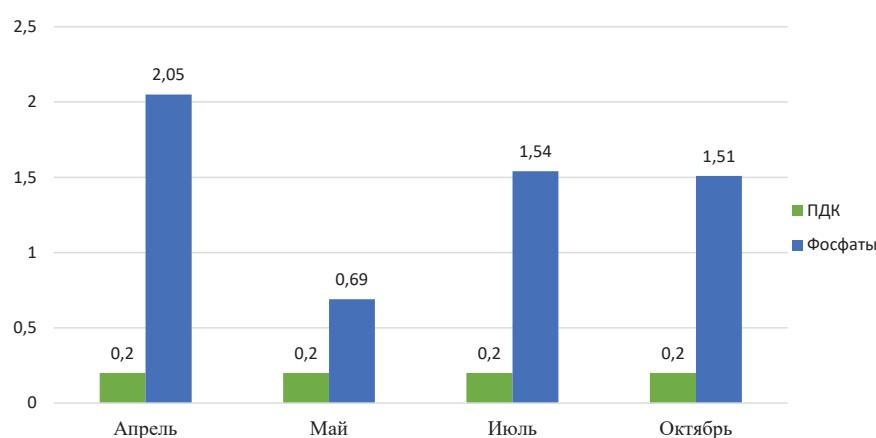


Рисунок 4. Оценка содержания фосфатов в реке Мутнянка ($\text{мг}/\text{дм}^3$)

Figure 4. Indicator of phosphate content in the Mutnyanka River (mg/dm^3)

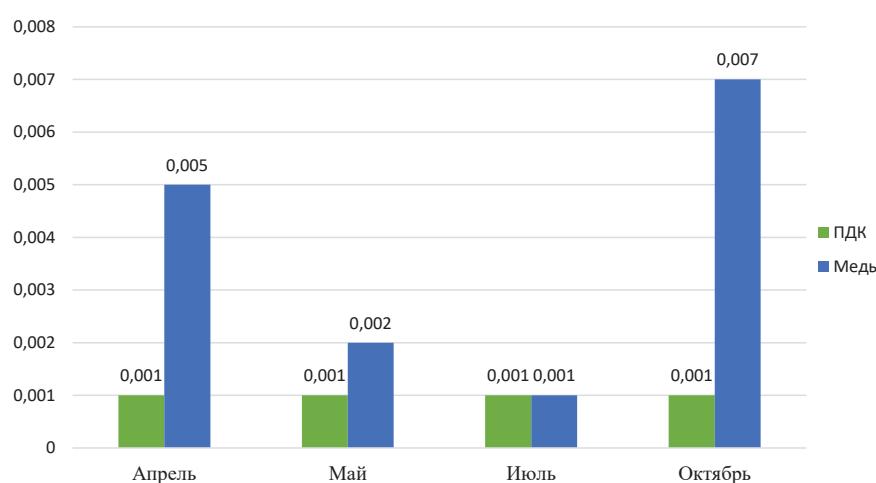


Рисунок 5. Оценка содержания меди в реке Мутнянка ($\text{мг}/\text{дм}^3$)

Figure 5. Indicator of copper content in the Mutnyanka River (mg/dm^3)

стрировано в июле — $0,001 \text{ мг}/\text{дм}^3$, что соответствует ПДК.

Концентрация меди в водах реки Мутнянка довольно высока. Она может накапливаться в тканях живых организмов водоёма, оказывая токсическое воздействие на них, приводящее к гибели, а в следствие и нарушению естественных процессов в экосистеме водного объекта.

Средняя концентрация марганца в р. Мутнянка составляет $0,06 \text{ мг}/\text{дм}^3$, и превышает значение ПДК в 6 раз (рис. 6).

За весь период наблюдения содержание марганца было обнаружено только в октябре — $0,23 \text{ мг}/\text{дм}^3$, превышает ПДК в 23 раза, это связано с тем, что происходит загрязнение реки сельскохозяйственными удобрениями и отходами с близлежащих территорий. Средняя концентрация нефтепродуктов в р. Мутнянка (рисунок 7) — $0,54 \text{ мг}/\text{дм}^3$, превышает ПДК в 10,8 раза.

Максимальное значение было зарегистрировано в июле — $0,57 \text{ мг}/\text{дм}^3$, минимальное





в октябре — 0,49 мг/дм³. Содержание нефтепродуктов связано с утечками горюче-смазочных веществ и недостаточной очисткой сточных вод. Загрязнение рек углеводородными соединениями наносит серьезный вред экосистемам. На поверхности воды может образовываться пленка, а в толще воды растворяться токсичные вещества с образованием канцерогенного осадка. Токсины отравляют речных рыб, замедляют процесс фотосинтеза, что приводит к нарушению нормального функционирования экосистем.

В среднем концентрация ион-аммония в р. Мутнянка за период наблюдения составляет 4,61 мг/дм³, что превышает значение ПДК в 9,2 раза (рисунок 8).

Повышенное содержание ионов аммония в воде вызвано наличием вблизи водного объекта коммунальных очистных сооружений, канализаций, выгребных ям.

Ещё одним фактором повышения концентрации ион-аммония в воде реки Мутнянка является сброс промышленных и сельскохозяйственных отходов, что можно отметить вы-

сокой концентрацией в весенние периоды: 2,78 мг/дм³ — в апреле, 10,7 мг/дм³ — в мае.

Загрязнение воды аммонийными соединениями наносит вред рыбному хозяйству, так как при больших концентрациях отмечается массовая гибель рыб.

Средняя концентрация железа в водах реки Мутнянка (рис. 9) — 0,21 мг/дм³, что превышает значение ПДК в 2,1 раза.

Максимальное значение было зарегистрировано в апреле — 0,38 мг/дм³, превышающее ПДК в 3,8 раза. В июле концентрация железа была минимальна и соответствовала ПДК — 0,1 мг/дм³. На рисунке видно, что концентрация железа в воде не постоянна и меняется в зависимости от сезона. Весной её повышают талые воды, осенью — обильные осадки, летом — агрономическая деятельность.

На основе данных исследований можно провести оценку вод реки Мутнянка г. Ставрополя по уровню загрязнения по основным загрязняющим компонентам в 2024 году.

Оценка вод реки Мутнянка по уровню загрязнения дана в таблице 2.

Исходя из данных таблицы, можно сказать, что в большей степени река загрязнена нитрит-ионами (в 11,4 раз превышен ПДК) и ионами-аммония (в 9,2 раза превышен ПДК). Меньше всего река загрязнена медью (ПДК превышен в 3,8 раза).

Проведение качественного количественного химического анализа водного объекта позволяет оценить его состояние в целом и сделать прогноз изменения водотока по сравнению со средними многолетними данными.

По аналитическому контролю всех малых рек бассейна реки Калаус изучаемый водный объект является наиболее загрязнённым, о чём свидетельствует показатель ИЗВ, который с каждым годом увеличивается. УКИЗВ — это показатель качества вод, который показывает долю вредного воздействия каждого параметра загрязнения воды, который был установлен в результате мониторинга. Для расчета УКИЗВ используются различные характеристики, такие как превышение предельно допустимых концентраций и частота обнаружения таких концентраций. Каждый из параметров качества воды, учитываемый в расчетах, имеет свои характеристики, по которым рассчитывается его влияние на окружающую среду.

Таким образом, УКИЗВ является важным инструментом в оценке текущего состояния водных ресурсов и позволяет определить приоритетные направления работы по улучшению экологической ситуации в регионе.

Область применения результатов. Целесообразно полученные результаты применять при совершенствовании системы мероприятий по снижению антропогенного воздействия на состояние водных объектов.

Вывод. Водные ресурсы очень важны для нашей экосистемы, поэтому их охрана является ключевой задачей. Способность водных объектов противостоять антропогенному воздействию является решающим фактором. Чтобы максимизировать эту способность, нужно учитывать такие факторы, как водный сток, гидрохимический и гидрологический режим водоема. Они определяют способность к самоочищению, восстановлению гидрохимического и экологического баланса.

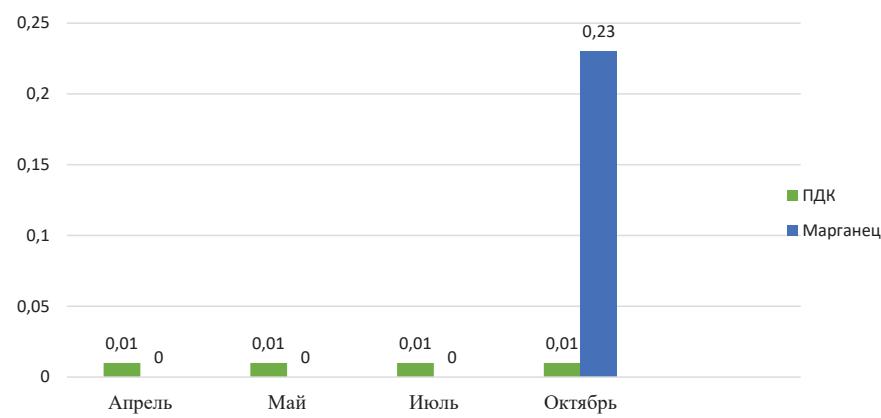


Рисунок 6. Оценка содержания марганца в реке Мутнянка (мг/дм³)
Figure 6. Indicator of manganese content in the Mutnyanka River (mg/dm³)

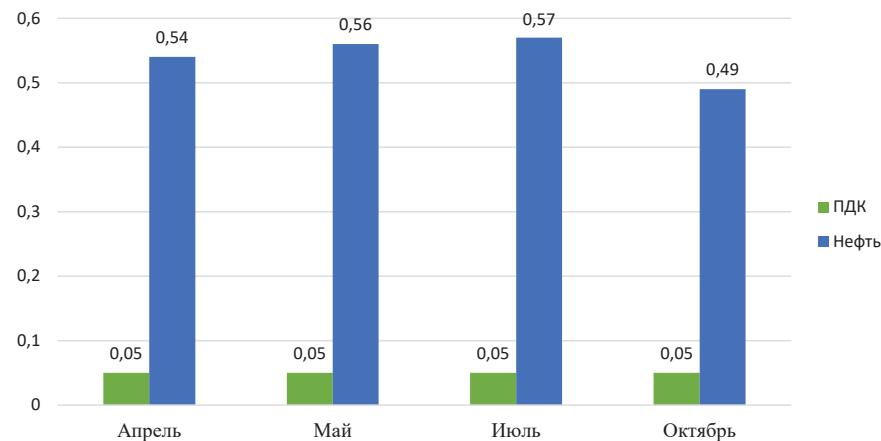


Рисунок 7. Оценка содержания нефтепродуктов в реке (мг/дм³)
Figure 7. Indicator of the oil product content in the river (mg/dm³)

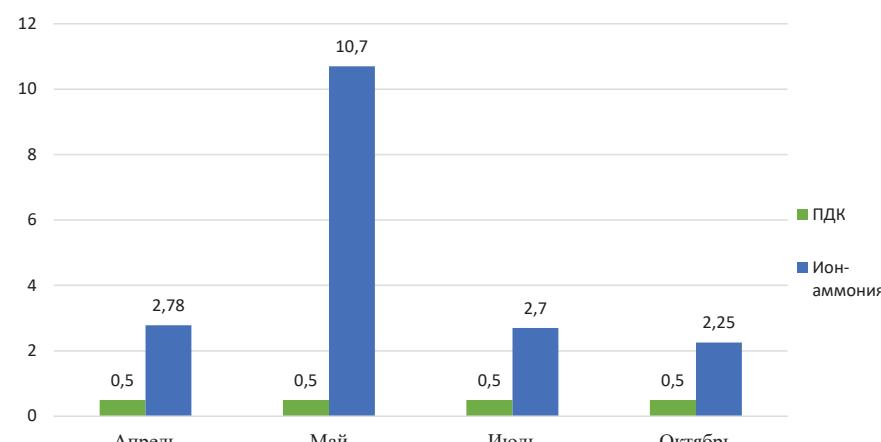


Рисунок 8. Оценка содержания ион-аммония в реке (мг/дм³)
Figure 8. Indicator of ammonium ion content in the river (mg/dm³)

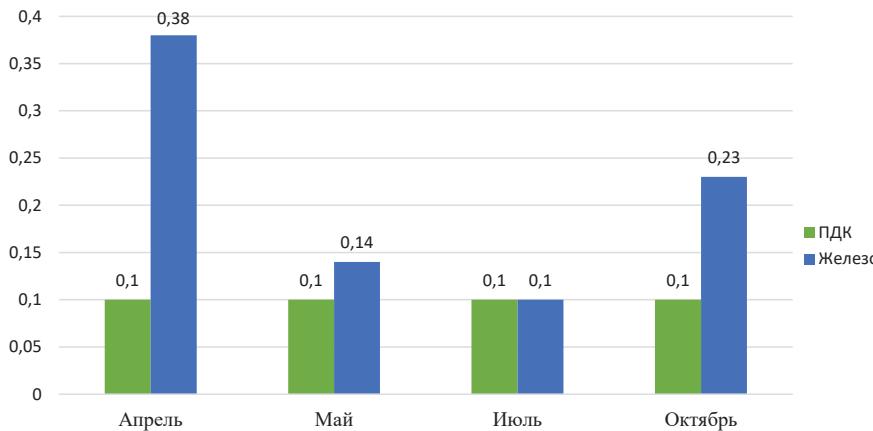


Рисунок 9. Оценка содержания железа в реке (мг/дм³)
Figure 9. Indicator of iron content in the river (mg/dm³)

Таблица 2. Оценка вод реки Мутнянка по уровню загрязнённости в 2024 году
Table 2. Assessment of the Mutnyanka River's water pollution levels (2024)

Наименование показателей	Кол-во наблюдений		ПДК, мг/дм ³	Кратность превышения норматива (ПДК)		
	всего	с превышением ПДК		минимальная	максимальная	средняя
Нитрит-ион	4	4	0,08	6,1	14,9	11,4
Нефтепродукты	4	4	0,05	9,8	11,4	10,8
Ион-аммония	4	4	0,5	4,5	21,4	9,2
Фосфаты	4	4	0,2	3,5	10,3	7,3
Марганец	4	1	0,01	23	23	6
Медь	4	3	0,001	2	7	3,8
БПК-5	4	4	2,25	2,4	3,2	2,9

Список источников

- Зубрев Н.И. Системы защиты среды обитания. Москва: КноРус, 2017. 382 с.
- Оценка экологического состояния окружающей среды городских территорий методами биоиндикации и биотестирования / О.А. Поступова, Ю.А. Мандра, Т.Г. Зеленская [и др.]. Ставрополь: СЕКВОИЯ, 2017. 161 с.
- Драчева, Л. В. Современные технологии водоподготовки / Л.В. Драчева. Международная научно-практическая конференция «биотехнология и качество жизни»: Материалы конференции, Москва, 18–20 марта 2014 года. Москва: Экспо-биохим-технологии, 2014. С. 367.
- Халикова В.А. Антропогенное воздействие на малые реки на примере реки Мамайка г. Ставрополя. Экологическое равновесие: структура географического пространства: материалы VII международной научно-практической конференции 11 ноября 2016 г., Санкт-Петербург, 11 ноября 2016 года / Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина. Санкт-Петербург: Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина, 2016. С. 93–96.
- Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. Москва: Высшая школа, 2008. 343, [1] с.
- Степаненко Е.Е. Оценка органолептических показателей качества вод Сенгилеевского водохранилища / Е.Е. Степаненко, Ю.А. Мандра, Т.Г. Зеленская // Экология: вчера, сегодня, завтра: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Грозный, 30 октября 2019 года. Грозный: АЛЕФ, 2019.
- Osman G.T. Analysis of impact of anthropogenic factors on the landscape-geochemical state of the Nura river basin / G.T. Osman, J.O. Ozgeldinova, A.A. Zhanguzhina // Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Chemistry. Geography. Ecology Series, no. 4(149), pp. 110-122.
- Volchak A.A. Anthropogenic impact on the rivers of the Belarusian Polesie (using the Lan river as an example) / A.A. Volchak, S.I. Parfomuk, S.V. Sidak // Vestnik of Brest State Technical University. 2025. No. 1(136). P. 116-122.
- Sobczyński, T. The influence of urban agglomeration on a small natural water reservoir / T. Sobczyński, P. Niedzielski // Limnol. Rev. 2018. Vol. 18. P. 39-44.
- Пердаева А. Антропогенное воздействие на биоразнообразие // Вестник науки. 2025. Т. 1, № 5(86). С. 1077-1082.

Информация об авторе (авторах):

Зеленская Тамара Георгиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры защиты растений, экологии и химии,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8171-7967>, tamara.zelenskaya2016@yandex.ru

Безгина Юлия Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры защиты растений, экологии и химии,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9609-3170>, juliya.bezgina@mail.ru

Степаненко Елена Евгеньевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры защиты растений, экологии и химии,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5545-7337>, elenapstepanenko@yandex.ru

Халикова Валерия Алексеевна, старший преподаватель кафедры защиты растений, экологии и химии
ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-7756-6803>, valeriya.halikova22@gmail.com

Information about the authors:

Tamara G. Zelenskaya, candidate of agricultural sciences, associate professor, department of plant protection, ecology and chemistry,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8171-7967>, tamara.zelenskaya2016@yandex.ru

Yulia A. Bezgina, candidate of agricultural sciences, associate professor, department of plant protection, ecology and chemistry,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9609-3170>, juliya.bezgina@mail.ru

Elena E. Stepanenko, candidate of biology sciences, associate professor, department of plant protection, ecology and chemistry,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5545-7337>, elenapstepanenko@yandex.ru

Valeria A. Khalikova, senior lecturer of the department of ecology and life safety,
ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-7756-6803>, valeriya.halikova22@gmail.com

