

УДК 556.5(470.41)

**ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА  
ВОД МАЛЫХ РЕК НИЖНЕКАМСКОГО  
МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

**Рыков Р.А., Урбанова О.Н., Горшкова А.Т., Семанов Д.А., Бортникова Н.В.**

*Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,  
Казань, e-mail: rykov97@gmail.com*

Ландшафты Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан испытывают значительную антропогенную нагрузку за счет сосредоточения в районе крупного промышленного узла, в первую очередь представленного одной из крупнейших европейских компаний по производству синтетических каучуков и пластиков, включающих широкий комплекс производственных объектов и теплоцентраль общей площадью 40 км<sup>2</sup>. Химическое производство на столь значительной территории способно оказывать весомое влияние на большую часть компонентов окружающего ландшафта и преобразовывать их в отрицательном виде. В данной работе представлены сведения о химическом составе воды восьми малых рек Нижнекамского муниципального района (м.р.) Республики Татарстан (РТ), в ходе анализа которых рассчитан индекс загрязненности вод (ИЗВ). Величина ИЗВ позволила установить класс качества воды обследованных рек по содержанию химических веществ, что наряду с экологической характеристикой классов отражает состояние окружающей среды. Построенная по данным ИЗВ картосхема наглядно показывает, что вода пяти обследованных рек относится к III классу качества («умеренно загрязненные», или воды удовлетворительной чистоты), что считается нормальным естественным состоянием равнинных рек. Качество воды еще трех рек относится к IV («загрязненная») и V («грязная») классу качества. Это реки Стрелочный Лог, Субай и у Камских Полян, водосборы которых испытывают значительную антропогенную нагрузку, а водные ресурсы имеют ограничения по использованию.

**Ключевые слова:** качество воды, гидрохимический состав, индекс загрязненности вод, экологическая ситуация, Нижнекамский район

**CHARACTERISTICS OF THE QUALITATIVE COMPOSITION  
THE WATERS OF SMALL RIVERS THE NIZHNEKAMSK  
MUNICIPAL DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN**

**Rykov R.A., Urbanova O.N., Gorshkova A.T., Semanov D.A., Bortnikova N.V.**

*Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences,  
Kazan, e-mail: rykov97@gmail.com*

The landscapes of the Nizhnekamsk municipal district of the Republic of Tatarstan are experiencing a significant anthropogenic load due to the concentration of a large industrial hub in the area, primarily represented by one of the largest European companies producing synthetic rubbers and plastics, including a wide range of production facilities and a heating plant with a total area of 40 km<sup>2</sup>. Chemical production in such a large area can have a significant impact on most of the components of the surrounding landscape, and transform them in a negative way. This paper presents information on the chemical composition of the water of eight small rivers of the Nizhnekamsk municipal district of the Republic of Tatarstan, during the analysis of which the water pollution index was calculated. The value of the index made it possible to establish the water quality class of the surveyed rivers by the content of chemicals, which, along with the environmental characteristics of the classes, reflects the state of the environment. The map constructed according to index data clearly shows that the river water of the five surveyed rivers belongs to the III quality class ("moderately polluted" or water of satisfactory purity), which is considered the normal natural state of lowland rivers. The water quality of three more rivers belongs to the IV ("polluted") and V ("dirty") quality class. These are the Strelochny Log, Subai and u Kamskih Polyan rivers, the catchments of which are experiencing significant anthropogenic stress and the water resources of the rivers have restrictions on use.

**Keywords:** water quality, hydrochemical composition, water pollution index, ecological state, Nizhnekamsk district

Качественный состав речной воды обусловлен взаимодействием многообразия естественного природного фона бассейнов и значительного техногенного преобразования водосборных площадей. Объективно оценить состав и качество речной воды невозможно без достоверных данных о ее химическом составе. В настоящее время в природных водах анализируется более 1200 различных химических соединений [1]. Такое количество анализируемых компо-

нентов создает проблему оценки их взаимодействия, решить которую помогают различные гидрохимические индексы, позволяющие обобщить результаты анализа и привести их к наглядному доступному для восприятия виду. Одним из таких общеизвестных совокупных показателей является индекс загрязненности воды (ИЗВ), объединяющий концентрации основных загрязняющих веществ (ЗВ) в речной воде. ИЗВ является типичным коэффициентом

и представляет собой среднюю долю превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) по строго определенному числу (шесть-семь) индивидуальных, так называемых «лимитируемых» показателей. Целью настоящего исследования является апробирование возможности применения индикаторных параметров для получения картографической интерпретации результатов гидрохимического анализа малых рек Нижнекамского м.р. РТ.

#### **Материалы и методы исследования**

ИЗВ, установленный Госкомгидрометом СССР, относится к категории показателей, наиболее часто используемых для оценки качества водных объектов, и наряду с более современными интегральными показателями, такими как удельный комбинированный индекс загрязненности воды и критический показатель загрязненности воды, продолжает использоваться для оценки качества природных вод. По данным интегральных показателей определяется качество и класс природной воды на территории РТ. Отбор проб и анализ воды проводят ФГБУ «УГМС Республики Татарстан» на 14 водных объектах (26 пунктов наблюдений, 40 створов) и территориальные отделы Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан в рамках государственного гидрохимического мониторинга поверхностных водных объектов.

К сожалению, на восьми малых реках Нижнекамского м.р. данного рода наблюдения не проводятся, вследствие чего летом 2021 г. институтом проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан было проведено гидрографическое, гидрологическое и гидрохимическое обследование водосборных бассейнов рек [2, 3]. Отбор проб проводился согласно методике рекомендаций Р 52.24.353-2012. Выбранные места отбора соответствовали основным требованиям для качественной оценки проб: представляли собой выпрямленные, проточные участки русел и находились в устьевой зоне основных рек исследуемых бассейнов. Данный выбор мест проб был обусловлен следующими факторами: точки отбора находились на достаточном удалении ниже по течению населенных пунктов и их очистных сооружений, ниже впадения всех притоков, сохраняли естественную скорость речного потока и не были зарегулированы водами р. Кама и Нижнекамским водохранилищем. Забор

проб проводился в центральной части поперечного речного профиля, на глубине более 30 см от поверхности и дна.

В основе нормативов для анализируемых гидрохимических показателей использованы рыбохозяйственные ПДК, представляющие собой максимальную концентрацию ЗВ в воде, не оказывающую вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых. Основываясь на ИЗВ, значение которого можно найти в различной справочной и методической литературе, вода рек Нижнекамского м.р. была отнесена к классам качества воды, являющимся интегральной характеристикой загрязненности поверхностных вод [4]. Количество и состав ЗВ значительно влияют на формирование водных экосистем, основной составляющей которых является вода как среда обитания различных организмов и от качества которой зависит видовой состав и обилие водных гидробионтов. Следует отметить, что при расчетах ИЗВ не учитываются микробиологические показатели, часто являющиеся решающими при оценке пригодности воды для использования. В зависимости от видового разнообразия гидробионтов и способности воды к самоочищению была разработана «Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши», включающая ряд частных классификаций, позволяющих оценить состав и свойства воды как среды обитания и изменения состояния водных объектов под воздействием антропогенного пресса [5]. Характеристика качественного состава воды малых рек Нижнекамского м.р. Республики Татарстан выполнена на основе сочетания классов качества воды (табл. 1).

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

По руслам обследованных малых рек Нижнекамского м.р. протекают пресные, гидрокарбонатные воды с преобладанием кальция, средней и повышенной минерализации, мягкие, слабощелочные воды. Основные показатели гидрохимического состава речной воды представлены в табл. 2.

Одним из важнейших факторов, влияющих на оценку качества вод, является концентрация или уровень активности ионов водорода, называемый водородным показателем (рН). В различных растворах рН варьирует в диапазоне от 0 до 14 и отражает интенсивность их кислотности (рН менее 7) или щелочности (рН более 7).

Таблица 1

Характеристика экологического состояния воды при различных значениях ИЗВ

Воды	Значения ИЗВ	Класс качества
Очень чистые	менее или равно 0,2	I
Чистые	0,2–1,0	II
Умеренно загрязненные	1,0–2,0	III
Загрязненные	2,0–4,0	IV
Грязные	4,0–6,0	V
Очень грязные	6,0–10,0	VI
Чрезвычайно грязные	Более 10,0	VII

Таблица 2

Гидрохимический состав воды малых рек Нижнекамского м.р.

Ингредиенты	Единицы измерения	ПДК	Реки							
			Стрелочный Лог	Прости	Омшанка	Субай	Ураьма	Вязовка	б/н у Камских Полян	Оша
рН	ед. рН	6,5–8,5	8,0	7,9	7,6	7,9	7,7	8,3	7,8	8,2
Кислород	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	6,0	8,6	11,7	7,0	5,6	11,3	7,7	6,1	8,0
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	1000	660	348	584	632	392	656	576	612
Жесткость	°Ж	–	6,0	3,6	5,6	8,0	4,9	7,6	5,9	5,8
Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	180	90	47	83	116	61	93	79	74
Магний	мг/дм <sup>3</sup>	40	19	16	17	27	23	36	24	26
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	100	43	53	56	52	17	8	9	8
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	300	62	47	58	77	31	23	23	5
Гидрокарбонаты	мг/дм <sup>3</sup>	–	233	100	222	186	208	350	290	319
Окисляемость	мг/дм <sup>3</sup>	–	5,7	7,4	5,7	6,7	6,4	3,2	5,1	1,7
ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	30	16,8	16,9	15,4	23,8	19,1	10,8	17,2	8,3
БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2,0	0,9	1,8	0,8	1,0	2,8	1,0	3,6	0,7
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	–	<3,0	5,2	<3,0	8,4	4,6	<3,0	3,0	<3,0
Аммоний	мг/дм <sup>3</sup>	0,50	0,12	0,22	0,12	0,31	0,70	0,05	1,87	0,05
Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	0,08	0,02	0,02	0,10	0,04	0,09	0,04	1,11	0,03
Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	40,0	0,36	0,20	3,00	1,06	2,59	17,6	8,59	4,49
Фосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	0,60	0,04	0,21	0,68	1,45	0,26	0,23	1,09	0,30
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04
Фенолы	мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,0007	0,0008	0,0009	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,10	0,29	0,18	0,19	0,30	0,11	0,12	0,18	0,10

Норма рН в поверхностных водах составляет 6,5–8,5. Эта величина имеет решающее значение для определения стабильности воды, как среды обитания гидробионтов; накипеобразующих и коррози-

онных свойств воды; прохождения многочисленных химических и биологических процессов; миграции и превращения различных форм биогенных элементов; изменение токсичности ЗВ. Колебания рН

в ту или иную сторону существенно сказываются на запахе, привкусе и внешнем виде воды, а при pH ниже 5,0 гибнут все виды рыб. Водородный показатель всех восьми обследованных рек находится в пределах ПДК (7,6–8,3), что позволяет отнести воду к слабощелочным или нейтральным водам. Такая речная вода является оптимальной для существования гидробионтов и водохозяйственного использования.

Растворенный кислород в воде не только обеспечивает необходимые условия для дыхания гидробионтов, но и участвует в процессах разложения отмерших организмов и окисления различных примесей. Резкое снижение концентрации кислорода в воде указывает на ее загрязнение. Сравнивая содержание растворенного кислорода с ПДК, отметим, что кислородный режим в обследованных реках летом 2021 г. был удовлетворительным. При величине ПДК в  $6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  его содержание в речных водах колеблется в пределах  $5,6\text{--}11,7 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ . Наименьшее количество кислорода отмечено в воде реки Субай ( $5,6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ), а наибольшее – в р. Прости ( $11,7 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ) и Уратьма ( $11,3 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ).

Суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ называют «минерализацией» или общим солесодержанием. От минерализации природных вод зависит удельная электропроводность воды, изменяющаяся в широких пределах. Минерализация обследованных рек определялась по сухому остатку, ПДК которого составляет  $1000 \text{ мг/дм}^3$ . Этот предел установлен в связи с тем, что при большей минерализации вкус воды становится солоноватым, соленым или горько-соленым, а при меньшей минерализации вкус воды остается пресным. Вода обследованных рек относится к пресным водам. Воды р. Прости и Уратьма имеют среднюю минерализацию, р. Стрелочный Лог, Субай, Омшанка, Вязовка, у Камских Полян, Оша – повышенную.

Жесткость воды обследованных рек, выраженная в градусах жесткости, показывает, что речная вода всех восьми рек относится к категории мягких вод. От количества взвешенных веществ, попадающих в речную воду в результате смыва твердых частиц почвы водосбора дождями или талыми водами, а также в результате размыва русел рек, зависит прозрачность воды, температура, состав и распределение донных отложений, скорость осадкообразования. Вода, в которой много взвешенных частиц, не подходит

для рекреационного использования по эстетическим соображениям. Определенные в воде обследованных рек взвешенные вещества находятся в небольших количествах (менее  $3 \text{ мг/дм}^3$ ) в пяти реках, а максимальное их количество зафиксировано только у р. Субай ( $8,4 \text{ мг/дм}^3$ ).

В поверхностных водах растворено большое количество органических веществ, мерой содержания которых служит их окисляемость. В зависимости от применяемого окислителя различают перманганатную и бихроматную окисляемость. Считается, что если показатель химического потребления кислорода (ХПК) превышает биологические показатели, то в воде содержится много трудноокисляемой органики. Показателем качества воды, характеризующим суммарное содержание в воде органических веществ, является биохимическое потребление кислорода (БПК), чаще определяемое по истечении пяти суток (БПК<sub>5</sub>). Количество органических веществ, установленное по БПК<sub>5</sub>, в речной воде шести обследованных рек не превышает ПДК, лишь в двух из них (р. у Камских Полян и Уратьма) оно немного превышено ( $3,57$  и  $2,80$  соответственно).

Соединения таких микроэлементов, как азот, фосфор, кремний, углерод и др., играют немаловажную роль в жизнедеятельности организмов. В поверхностные воды данные биогенные вещества попадают посредством плоскостного стока с водосборных площадей или в результате распада животных и растительных останков, обитающих в водной среде. Содержание биогенных веществ в природных водах различается и зависит от различных параметров, таких как температура воды, интенсивность процессов образования и разложения органических веществ. Содержание аммония в речной воде обследованных рек находится в пределах ПДК, за исключением р. Уратьма и у Камских Полян, в которых значения аммония превышают ПДК в 1,4 и 3,7 раза. В этих реках, а также в р. Омшанка несколько превышено ПДК по нитритам (в 1,1; 1,3; 13,8 раз соответственно), также зафиксировано небольшое превышение по фосфатам. Увеличение концентрации фосфатов в природных водах усиливает процесс эвтрофикации водной среды [6]. Одной из причин повышенного содержания биогенных веществ в речных водах исследуемой территории является поступление значительного количества коммунально-бытовых и производственных сточных вод с территории населенных пунктов.

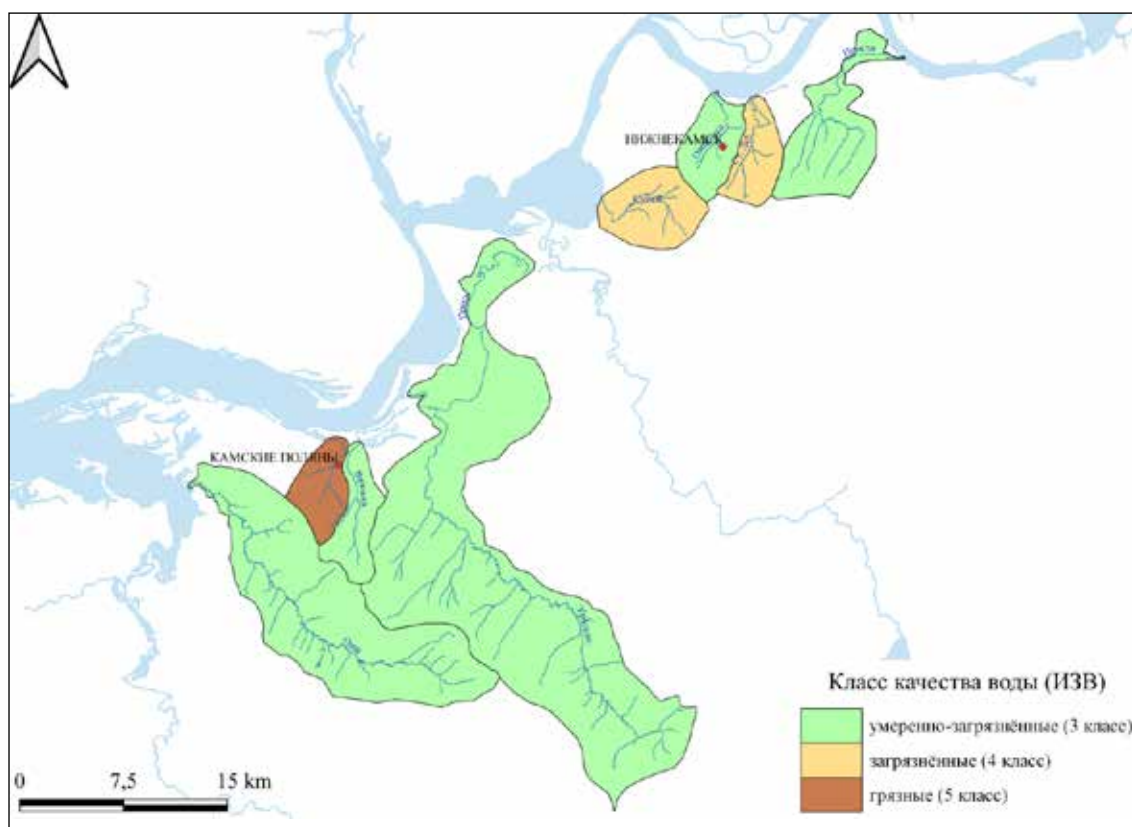
Железо входит в состав большого количества горных пород, что является одним из факторов высокого его содержания в природных водах исследуемого региона, что позволяет называть железо макроэлементом. Концентрация железа в природной воде зависит от геолого-гидрологических условий бассейна, а также гидрохимического режима водного объекта. Железо в природных водах не является само по себе токсичным загрязнителем, но чрезмерное использование питьевой воды с повышенным содержанием железа может привести к накоплению его в организме человека. Загрязнение железом влияет на органолептические свойства воды и может вызывать дискомфорт при ее бытовом использовании. Почти во всех обследованных реках зафиксированы незначительные (1,1–2,95) превышения ПДК по железу общему.

Среди всех обследованных рек только в воде р. Оша не зафиксировано ни одного случая превышения ПДК. Сказывается отсутствие крупных населенных пунктов и объектов промышленного производства, а земли бассейна в основном относятся

к категории земель лесного фонда и, в меньшей степени, к землям сельскохозяйственного назначения.

Расчитанные значения ИЗВ показали, что вода большинства обследованных рек соответствует III классу качества – «умеренно загрязненные» – ИЗВ вод р. Прости, Омшанка, Уратьма, Вязовка, Оша колеблется в пределах 1,65–1,92. Вода р. Субай соответствует IV классу качества («загрязненные» воды). В бассейне данной реки зафиксировано двукратное превышение ПДК по фосфатам, а содержание кислорода немного ниже нормы (5,6). Вода р. Стрелочный Лог также соответствует IV классу качества («загрязненные» воды), здесь зафиксировано двукратное превышение по железу.

Самой загрязненной рекой из всех обследованных в 2021 г. является р. у Камских Полян, ИЗВ которой равен 4,7, что соответствует V классу качества («грязные» воды). В речной воде зафиксировано почти 14-кратное превышение по нитритам и 4-кратное по аммонийному азоту, а также незначительное превышение ПДК по фосфатам.



*Картосхема классов качества поверхностных вод*

Так как отбор проб воды проводился в устьевых участках русел основных рек, после впадения всех притоков и ниже по течению населенных пунктов, результаты гидрохимического анализа репрезентативны для всего исследуемого водосборного бассейна, согласно концепции речного континуума [7]. Значения ИЗВ послужили основой построения картосхемы классов качества поверхностных вод обследованных рек (рисунок).

Картосхема показывает, что речная вода пяти левых притоков р. Кама относится к «умеренно загрязненным» водам (III класс качества), что является нормальным естественным состоянием для равнинных рек. Реки Стрелочный Лог, Субай и у Камских Полян испытывают значительную антропогенную нагрузку, в результате которой в них поступает большое количество биогенных элементов, что накладывает определенные ограничения водопользования.

#### Заключение

По рассчитанным значениям ИЗВ речная вода р. Прости, Омшанка, Уратьма, Вязовка, Оша относится к III классу качества («умеренно загрязненные»). Воды р. Субай и Стрелочный Лог относятся к IV классу качества («загрязненная»), поскольку испытывают значительную антропогенную нагрузку. Воды этих рек перенасыщены биогенными элементами, обуславливающими вторичное загрязнение, что делает их непригодными для рыбоводства и рекреаци-

онного использования. Река у Камских Полян, протекающая в одноименном поселке, относится к V классу качества («грязная»). Возможности самоочищения экосистемы реки ограничены, к тому же грязные воды способствуют распространению инфекционных заболеваний человека и животных.

#### Список литературы

1. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 15.08.2022).
2. Урбанова О.Н., Горшкова А.Т., Бортникова Н.В., Семанов Д.А., Рыков Р.А. Изменение структуры речной сети малых рек Нижнекамского района Республики Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 2. С. 74–82.
3. Урбанова О.Н., Горшкова А.Т., Бортникова Н.В., Семанов Д.А., Рыков Р.А. Меженный сток малых рек Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 3 (31). С. 79–87.
4. Гагарина О.В. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы: учебно-методическое пособие. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет». 2012. 199 с.
5. Оксенок О.Н., Жукин В.Н. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29. № 4. С. 62–76.
6. Минакова Е.А., Шлычков А.П., Шайхиев И.Г. Многолетняя динамика биогенных веществ в воде Куйбышевского водохранилища в современный период // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 8. С. 134–137.
7. Батурина Н.С. Закономерности организации речных экосистем: ретроспектива становления современных концепций (Обзор) // Биология внутренних вод. 2019. № 1. С. 3–11.