

Естественные науки. 2023. № 3 (12). С. 28–37.

*Yestestvennyye nauki = Natural Sciences*. 2023; 3 (12): 28–37 (In Russ.)

Научная статья

УДК 504.064.2:504.75.05

doi 10.54398/1818507X\_2023\_3\_28

**МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ РЕКИ АХТУБЫ  
ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ  
КРАСНОЯРСКОГО РАЙОНА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Сокольская Евгения Аркадьевна<sup>1</sup>✉, Золотарева Наталья Валерьевна<sup>2</sup>,  
Локтионова Елена Геннадьевна<sup>3</sup>*

<sup>1–3</sup> Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева,  
г. Астрахань, Россия

<sup>1</sup>[e.sokolskaya@mail.ru](mailto:e.sokolskaya@mail.ru)✉

**Аннотация.** Загрязнение объектов окружающей среды является одной из наиболее серьезных проблем, стоящих перед современным обществом. Основные мероприятия, проводимые по надзору и экологическому мониторингу, носят регулярный характер, давая полную информацию о качестве и состоянии водного и воздушного бассейна, почвенного покрова. В настоящей статье представлен информационный обзор по токсикологическому воздействию ионов тяжелых металлов, углеводородов, обнаруженных в воде на живые системы. Акцент сделан на результатах исследования, проведенного в период с января по декабрь 2022 г. по органолептическим и химико-аналитическим показателям воды реки Ахтуба, используемой для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд населения Красноярского района Астраханской области.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, токсическое действие, система PROTOX, ADMET, QSAR-технология, ПДК, алюминий, железо, кальций, магний, природоохранные мероприятия

**Для цитирования:** Сокольская Е. А., Золотарева Н. В., Локтионова Е. Г. Мониторинг состояния воды реки Ахтуба для оценки качества жизни населения Красноярского района Астраханской области // Естественные науки. 2023. № 3 (12). С. 28–37. [https://doi.org/10.54398/1818507X\\_2023\\_3\\_28](https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_3_28).

**MONITORING OF THE WATER CONDITION OF THE AKHTUBA  
RIVER TO ASSESS THE QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION  
OF THE KRASNOYARSK DISTRICT OF THE ASTRAKHAN REGION**

*Sokolskaya Evgeniya A.<sup>1</sup>✉, Zolotareva Natalia V.<sup>2</sup>, Loktionova Elena G.<sup>3</sup>*

<sup>1–3</sup> Tatishchev Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

<sup>1</sup>[e.sokolskaya@mail.ru](mailto:e.sokolskaya@mail.ru)✉

**Abstract.** Environmental pollution is one of the most serious problems facing modern society. The main activities carried out for supervision and environmental monitoring are regular, providing complete information about the quality and condition of the water and air basins, and soil cover. This article provides an informational review on the toxicological effects of heavy metal ions and hydrocarbons found in water on living systems. The emphasis is on the results of a study conducted from January to December 2022 on the organoleptic and chemical-analytical indicators of the water of the Akhtuba River, used for drinking and household needs of the population of the Krasnoyarsk district of the Astrakhan region.

**Keywords:** environmental monitoring, toxic effects, PROTOX system, ADMET, QSAR technology, maximum permissible concentrations, aluminum, iron, calcium, magnesium, environmental measures

**For citation:** Sokolskaya E. A., Zolotareva N. V., Loktionova E. G. Monitoring of the water condition of the Akhtuba river to assess the quality of life of the population of the Krasnoyarsk district of the Astrakhan region. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2023; 3 (12): 28–37. [https://doi.org/10.54398/1818507X\\_2023\\_3\\_28](https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_3_28).

**Введение.** Экологический мониторинг природной среды — комплекс мер, направленный на долгосрочные наблюдения за состоянием объектов окружающей среды и происходящими в ней природными явлениями, включающих оценку и прогноз уровня загрязнения [1; 2; 11].

Вода — главный природный «драгоценный» ресурс, удовлетворяющий потребности человечества. Именно от качества и состояния воды зависит правильное функционирование жизненно важных органов и тканей.

Запущенные процессы индустриализации, урбанизации, развивающиеся отрасли сельского хозяйства, а также необдуманные, умышленные и противозаконные действия со стороны ряда государств приводят к серьезным экологическим проблемам [3–5]. Последствия, связанные с ухудшением качества воды и уменьшением её доступности, человечество будет ощущать на себе и здоровье будущих поколений ещё очень долгие годы.

Многие вещества, попадая в воду, изменяют её свойства, тем самым делают непригодной для использования [6; 8]. В число определяемых загрязняющих веществ наряду с суммарным содержанием углеводов ( $\Sigma$ УГВ) и их ароматической фракции (АУ), так же входят и тяжелые металлы — цинк (Zn), свинец (Pb), кадмий (Cd), медь (Cu), марганец (Mn), кобальт (Co), железо (Fe), алюминий (Al) [7; 10; 13].

В организм человека через питьевую воду поступают различные ионы металлов, которые характеризуются низкой биоразлагаемостью и высокой химической стабильностью, в результате чего загрязняющие вещества надолго остаются в воде [8]. По данным Центра по контролю и профилактике заболеваний такие тяжелые металлы, как свинец и мышьяк могут вызывать серьезные проблемы с ЖКТ, приводить к тяжелым заболеваниям почек и печени. Постоянное воздействие малых доз мышьяка способствует снижению выработки эритроцитов и лейкоцитов крови, повреждению кровеносных сосудов [15]. Однако до сих пор канцерогенность меди напрямую не может быть классифицирована из-за отсутствия исследований на людях и животных. Международному агентству по изучению рака удалось косвенно

установить, что металлоорганическое соединение 8-гидрохинолин меди может быть отнесен к 3 классу опасности. Данный факт также подтверждается результатами вычислений в системе PROTOX — прогнозируемая летальная доза LD<sub>50</sub> составляет 280 мг/кг и установлен механизм воздействия на ядерный фактор эритроидного происхождения 2, который ответственен за регуляцию клеточной защиты от окислителей и токсичных веществ [16; 18].

Согласно данным открытого веб-ресурса admetSAR, предназначенного для прогнозирования токсичности веществ из объектов окружающей среды и оценки экологической опасности на основе QSAR-технологии, органические соединения алюминия (на примере трис-(8-гидроксихинолината)-алюминия) в первую очередь действуют на центральную нервную систему, вызывают нейрорповеденческие эффекты, а также индуцируют иммунные реакции, вызванные воздействием на рецепторы щитовидной железы [19; 22; 27]. Кроме того, установлено, что алюминий ухудшает всасывание фосфора в желудочно-кишечном тракте, тем самым вызывая снижение содержания фосфатов в организме, что приводит к размягчению костной ткани из-за формирования дефектной минерализации костей [17].

Необходимо отметить, что повышенное содержание ионов железа в воде способно изменять органолептические показатели, включая явные, наблюдаемые признаки — металлизированный привкус воды и цветность (ПДК составляет 0,3 мг/дм<sup>3</sup>). Диссоциированные формы неорганических солей железа в воде на примере нитратов, попадая в организм в первую очередь вызывают поражение печени (гепатотоксичность), почек (нефротоксичность), к тому же, автокаталитическое окисление оксигемоглобина до метгемоглобина, способствует развитию тканевой гипоксии, сердечной аритмии. Имеются сведения о вероятном проявлении канцерогенных свойств [21; 22].

В данной работе, продемонстрированы органолептические и химико-аналитические результаты исследования воды, отобранной на участке северо-западных очистных сооружений, расположенных в селе Красный Яр. Двухступенчатая система очистки воды, предусматривающая коагулирование, осветление под действием осветителей и фильтрах, а также, обеззараживание воды путем хлорирования [4; 9]. Источником водоснабжения является р. Ахтуб, створ водозабора принят около существующего водозабора Красноярского консервного завода, в районе стрелки рек Ахтубы и Маячной. Предварительная оценка показала, что вода источника имеет незначительную цветность, а по содержанию грубодисперсных примесей является маломутной (максимум 13 мг/дм<sup>3</sup>). Вода идентифицируется пресной по содержанию растворенных в ней примесей и минеральных солей.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Для определения качества воды в р. Ахтубе в 2022 г. ежемесячно (с января по декабрь) проводился забор воды. Образцы были проанализированы на органолептические показатели (привкус, запах, цветность и мутность), и присутствие в воде активных форм солей железа, алюминия, магния и кальция [3; 4; 9]. Полученные результаты

были сопоставлены с санитарными нормами СанПиН 1.2.3685-21, предъявляемыми к питьевой воде [12; 14]. В таблице 1 приведены основные требования к качеству питьевой воды.

Таблица 1 — Требования к качеству питьевой воды

Показатель	Норматив, не более	Примечание
Запах, балл	2	Вода питьевая централизованного и нецентрализованного водоснабжения; водоисточников хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования
Привкус, балл	2	
Цветность, градусы	20	Вода питьевая централизованного водоснабжения; вода плавательных бассейнов
Мутность (по коалину), мг/дм <sup>3</sup>	1,5	
Железо (Fe <sup>3+</sup> , суммарно), мг/дм <sup>3</sup>	0,3	
Алюминий (Al <sup>3+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,5	
Кальций (Ca <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	50,0	
Магний (Mg <sup>2+</sup> , суммарно), мг/дм <sup>3</sup>	100,0	

Согласно санитарным нормам интенсивность запаха и привкуса воды для хозяйственных нужд и питья не должна превышать двух баллов (табл. 2) [4].

Таблица 2 — Интенсивность запаха и привкуса воды, СанПиН 1.2.3685-21

Интенсивность запаха, привкуса	Оценка интенсивности, балл	Характер проявления запаха, привкуса
Нет	0	Не ощущается
Очень слабая	1	Не ощущается потребителем, можно обнаружить при лабораторном исследовании
Слабая	2	Потребитель заметит запах, вкус, если обратить на это его внимание
Заметная	3	Легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде
Отчётливая	4	Обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья
Очень сильная	5	Настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению

Необходимо отметить, что вода, отбираемая на протяжении всего периода исследования (с января по декабрь, 2022 г.) соответствовала санитарным нормам воды пригодной для питья и хозяйственных нужд, привкус и запах не превышали 2 баллов. В таблице 3 представлены результаты мутности и цветности, полученные в ходе исследования воды на базе лаборатории.

Таблица 3 — Показатели мутности и цветности воды реки Ахтуба, 2022 г.

Месяц	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>		Цветность, градусы	
	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
Январь	2,6	1,8	40	21
Февраль	2,2	1,7	40	21,4

Продолжение табл. 3

Месяц	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>		Цветность, градусы	
	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
Март	3,4	1,8	42,2	25,1
Апрель	3,8	1,7	30,1	20,4
Май	5,7	1,8	40,5	20,3
Июнь	4,9	1,2	40,2	23,4
Июль	3,1	1,1	41,4	20,3
Август	3,6	1,0	37,2	18,2
Сентябрь	2,7	0,9	35,4	12,4
Октябрь	3,3	1,0	38,1	19,3
Ноябрь	2,3	0,8	30,5	18,3
Декабрь	2,1	1,2	44,2	18,1
Среднее значение	3,3	1,3	38,3	19,8
ПДК	1,5		20	

Средний показатель цветности воды до очистки составил 38,3°, после двухступенчатой очистки показатель уменьшился до 19,8°, о чём свидетельствует, что вода находится в пределах значений ПДК. Необходимо отметить, что при оценке мутности воды, ежемесячные значения превышали ПДК в два раза. Эффективность двухступенчатой очистки очевидна, средний показатель мутности не превышал ПДК и составил в 2022 г. — 1,3 мг/дм<sup>3</sup>.

Максимально высокие значения мутности и цветности отобранной воды можно связать с разливом р. Ахтубы, а также в период таяния «грязных» снегов и паводком, приходящимся майский месяц. Крайне важно отметить, что после очистки, данные показатели оставались на удовлетворительном уровне. В таблице 4 представлены результаты по содержанию (мг/дм<sup>3</sup>) активных форм алюминия и железа в воде.

Таблица 4 — Показатели алюминия и железа воды реки Ахтубы, 2022 г.

Месяц	Содержание веществ в воде, мг/дм <sup>3</sup>			
	Алюминий		Железо	
	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
Январь	0,35	0,02	0,23	0,12
Февраль	0,46	0,02	0,22	0,10
Март	0,42	0,01	0,25	0,12
апрель	0,39	0,03	0,26	0,13
Май	0,50	0,03	0,34	0,13
Июнь	0,57	0,02	0,34	0,12
Июль	0,56	0,05	0,30	0,11
Август	0,60	0,05	0,35	0,12
Сентябрь	0,62	0,04	0,37	0,11
Октябрь	0,59	0,04	0,34	0,10
Ноябрь	0,52	0,03	0,32	0,11
Декабрь	0,41	0,02	0,28	0,11
Среднее значение	0,5	0,03	0,30	0,11
ПДК	0,5		0,3	

Как видно из таблицы 4, показатели по содержанию в воде алюминия и железа превышали ПДК, начиная с весны и до поздней осени. Данный факт можно объяснить тем, что во время весеннего паводка, происходит обильный разлив реки и как результат, в неё смываются бытовые и хозяйственные отходы, с поверхности почв диффундируют ионы металлов и связанных с ними гидратированных, коллоидных форм соединений. Необходимо также учитывать роль судоходства в периоды активного прохода небольших судов по Волго-Ахтубинскому каналу. После двухступенчатой очистки показатели содержания в воде алюминия и железа стали соответствовать санитарным нормам, предъявляемым к питьевой воде. В таблице 5 приведены результаты исследования воды на содержание (мг/дм<sup>3</sup>) в ней кальция и магния.

Таблица 5 — Показатели кальция и магния в воде реки Ахтуба, 2022 г.

Месяц	Содержание веществ в воде, мг/дм <sup>3</sup>			
	Кальция		Магния	
	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
Январь	50,12	48,21	15,76	9,70
Февраль	51,11	45,53	15,14	9,12
Март	64,10	63,10	19,54	4,36
апрель	128,07	66,12	19,47	9,81
Май	141,10	68,15	18,20	9,86
Июнь	134,25	74,12	25,52	9,53
Июль	77,12	64,11	10,20	8,06
Август	52,11	50,20	14,54	9,30
Сентябрь	58,10	50,12	17,06	9,74
Октябрь	51,06	42,11	17,60	9,80
Ноябрь	44,10	42,14	15,76	9,52
Декабрь	57,11	47,10	9,72	7,91
<i>Среднее значение</i>	<i>75,70</i>	<i>55,08</i>	<i>16,54</i>	<i>8,89</i>
<i>ПДК</i>	<i>100</i>		<i>10</i>	

Из таблицы 5 видно, что превышения ПДК по кальцию в воде как до, так и после очистки зафиксировано не было. Однако результаты по содержанию магния в воде до очистки значительно превышают предельно допустимые нормы, средний показатель составлял в 2022 г. — 16,54 мг/дм<sup>3</sup>. После очистки воды, показатели по магнию нормализовались и составили 8,89 мг/дм<sup>3</sup>.

**Заключение.** Экологический мониторинг качества речной воды до и после очистки, проводился в период с января по декабрь 2022 г. на базе ОАО «Астраханские водопроводы» Красноярского группового водопровода. В результате исследований, установлено, что такие органолептические показатели как цветность и мутность, а также, содержание активных форм железа, алюминия, кальция и магния в пробах после очистки воды находятся в пределах допустимой нормы. Следовательно, вода, прошедшая двухступенчатую очистку и далее, поступающая для нужд населения, отвечает всем санитарным нормам. Постоянный контроль качества воды, внедрение новых подходов к степени доочистки воды на территории водозабора, а также

целенаправленные профилактические работы по улучшению экологического состояния прибрежной зоны, позволят повысить качество и состояние речной воды.

#### Список литературы

1. Акимов, В. А. Математическая модель для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу / В. А. Акимов, С. В. Колеганов, А. В. Мишурный. — URL: <https://doi.org/10.54234/cst.19968493.2023.20.1.75>.
2. Алексеев, А. И. Химия воды: теория, свойства, применение / А. И. Алексеев, М. В. Середа, С. Юзвяк. — Санкт-Петербург : Северо-Западный тех. ун-т, 2001. — 179 с.
3. Водный кодекс российской федерации. Принят Государственной Думой. 12 апреля 2006 года. Одобрен. Советом Федерации. 26 мая 2006 года «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 01.05.2022) ВК РФ. Статья 38: Виды водопользования.
4. ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006). Вода. Отбор проб для микробиологического анализа. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии национальный стандарт РФ. Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (по переписке, протокол от 3 декабря 2012 г. N 54).
5. Израэль, Ю. А. Глобальная система наблюдений. Прогноз и оценка окружающей природной среды / Ю. А. Израэль // Экология и контроль состояния природной среды. — Москва : Гидрометеиздат, 1984. — С. 13–28.
6. Канбетов, А. Ш. Гидролого-гидрохимический режим и токсикологическое состояние реки Урал / А. Ш. Канбетов, Г. А. Куанышева // Вестник Астраханского государственного технического университета. — 2012. — № 2. — С. 116–125.
7. Куанышева, Г. А. Влияние освоения нефтегазовых месторождений в Северо-Восточной части Каспийского моря на состояние морской воды / А. К. Камелов, А. Ш. Канбетов, А. К. Мухтаров, А. Дадашева // Альтернативная энергетика и энергосбережение в нефтегазовом комплексе. — 2014. — С. 26–31.
8. Мелик, Л. Н. Целебная вода. Живая, мертвая, святая и волшебная / Л. Н. Мелик. — Москва : АСТ, Астрель, Харвест, 2008. — 192 с.
9. Методические рекомендации «МР 2.1.4.0176-20. 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Организация мониторинга обеспечения населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 30.04.2020). URL: <https://legalacts.ru/doc/mr-2140176-20-214-pitevaj-a-voda-i-vodosnabzhenie-naselennykh-mest/>.
10. Нарыков, В. И. Гигиена водоснабжения / В. И. Нарыков, Ю. В. Лизунов, М. А. Н. Бокарев. — Санкт-Петербург : СпецЛит, 2015. — 115 с.
11. Оралова, А. Т. Экология и устойчивое развитие. Основы общей экологии / А. Т. Оралова, А. Ж. Ауелбекова. — Караганда : Карагандинский гос. тех. ун-т, 2016. — 100 с.
12. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 N 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 “Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий”» (с изменениями на 14 февраля 2022 года).
13. Сокольский, А. Ф. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе Волго-Каспийского бассейна / А. Ф. Сокольский, И. В. Танаянц, Е. А. Сокольская, Г. А. Монахова. — Астрахань : ВООП, 2020. — 168 с.

14. Федеральный закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ: [федер. закон: принят Гос. Думой 12 марта 1999 г.: по состоянию на 30 марта 1999 г.]. — Москва : Изд-во стандартов, 1999. — С. 1–14.
15. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2007. Toxicological Profile for Arsenic (Update). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts2.pdf>.
16. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2022. Toxicological Profile for Copper (Update). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts132.pdf>.
17. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2008). Toxicological profile for aluminum. U.S. Public Health Service in collaboration with U.S. Environmental Protection Agency (EPA).
18. Banerjee, P. ProTox-II: a webserver for the prediction of toxicity of chemicals / P. Banerjee, A. O. Eckert, A. K. Schrey, R. Preissner. — URL: <https://doi.org/10.1093/nar/gky318>.
19. Darbre, P. D. Metalloestrogens: an emerging class of inorganic xenoestrogens with potential to add to the oestrogenic burden of the human breast / P. D. Darbre. — URL: <https://doi.org/10.1002/jat.1135>.
20. Filippidou, M. K., Chatzandroulis, S. Microfluidic devices for heavy metal ions detection: A Review. *Micromachines* 2023, 14, 1520. <https://doi.org/10.3390/mi14081520>.
21. Keszler, A. The reaction between nitrite and oxyhemoglobin: a mechanistic study / A. Keszler, B. Piknova, A. N. Schechter, N. Hogg. — URL: <https://doi.org/10.1074/jbc.M705630200>.
22. Lagunin, A. QSAR Modelling of Rat Acute Toxicity on the Basis of PASS Prediction / A. Lagunin, A. Zakharov, D. Filimonov, V. Poroikov // *Mol. Informatics*. — 2011. — Vol. 30 (2–3). — P. 241–250.
23. Lee, E. H. Rifampicin activates AMPK and alleviates oxidative stress in the liver as mediated with Nrf2 signaling / E. H. Lee, S. Y. Baek, J. Y. Park, Y. W. Kim. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2019.108889>.
24. Mishra, R. K. Fresh Water availability and Its Global challenge / R. K. Mishra. — URL: <https://doi.org/10.37745/bjmas.2022.0208>.
25. Matveeva, V. A. Manganese Pollution in Mining-Influenced Rivers and Lakes: Current State and Forecast under Climate Change in the Russian Arctic / V. A. Matveeva, A. V. Alekseenko, D. Karthe, A. V. Puzanov. — URL: <https://doi.org/10.3390/w14071091>.
26. Sanderson, H. Environmental impact of sabotage of the Nord Stream pipelines. Open Access Research Square preprint deposition service / H. Sanderson, M. Czub, S. Koschinski, J. Tougaard, S. Sveegaard, J. Jakacki, P. Fauser, T. Frey, J. Beldowski, A. Beck, A. Przyborska, B. Szturomski, R. Kiciński (Submitted). — URL: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2564820/v1>.
27. Yang, H. AdmetSAR 2.0: web-service for prediction and optimization of chemical ADMET properties / H. Yang, Ch. Lou, L. Sun, J. Li, Y. Cai, Zh. Wang, W. Li, G. Liu, Y. Tang. — URL: <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty707>.

### References

1. Akimov, V. A., Koleganov, S. V., Mishurny, A. V. *Mathematical model for predicting the consequences of the discharge of liquid technological waste into the hydrosphere*. Available at: <https://doi.org/10.54234/cst.19968493.2023.20.1.75>.
2. Alekseev, A. I., Sereda, M. V., Yuzvyak, S. *Water chemistry: theory, properties, application*. St. Petersburg: North-Western technical. Univ.; 2001: 179.
3. *The Water Code of the Russian Federation. Adopted. The State Duma. April 12, 2006. Approved. By the Federation Council. May 26, 2006 “Water Code of the Russian Federation”*

dated 03.06.2006 N 74-FZ (as amended on 01.05.2022) of the VC of the Russian Federation Article 38. Types of water use.

4. GOST 31942-2012 (ISO 19458:2006). *Water. Sampling for microbiological analysis. Federal Agency for Technical Regulation and Metrology National Standard of the Russian Federation. Adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (by correspondence, Protocol No. 54 of December 3, 2012).*

5. Israel, Yu. A. Global observation system. Forecast and assessment of the natural environment. *Ecology and control of the state of the natural environment*. Moscow: Hydrometeoizdat; 1984: 13–28.

6. Kanbetov, A. Sh., Kuanysheva, G. A. Hydrological and hydrochemical regime and toxicological state of the Ural River. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University*. Astrakhan: Astrakhan State Technical University; 2012; 2: 116–125.

7. Kuanysheva, G. A., Kamelov, A. K., Kanbetov, A. Sh., Mukhtarov, A. K., Dadasheva, A. The influence of the development of oil and gas fields in the North-Eastern part of the Caspian Sea on the state of sea water. *Alternative energy and energy conservation in the oil and gas complex*. 2014: 26–31.

8. Melik, L. N. *Healing water. Alive, dead, holy and magical*. Moscow: AST, Astrel, Kharvest; 2008: 192.

9. *Methodological recommendations “MR 2.1.4.0176-20. 2.1.4. Drinking water and water supply of populated areas. Organization of monitoring of providing the population with high-quality drinking water from centralized water supply systems.” (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 30.04.2020)*. Available at: <https://legalacts.ru/doc/mr-2140176-20-214-pitevaja-voda-i-vodosnabzhenie-naselennykh-mest/>.

10. Narykov, V. I., Lizunov, Yu. V., Bokarev, M. A. N. *Hygiene of water supply*. St. Petersburg: SpetsLit; 2015: 115.

11. Oralova, A. T., Auelbekova, A. Zh. *Ecology and sustainable development. Fundamentals of general ecology*. Karaganda: Karaganda State Technical University; 2016: 100.

12. *Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 28.01.2021 No. 3 On Approval of sanitary rules and Norms of SanPiN 2.1.3684-21 “Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of urban and rural settlements, water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and carrying out sanitary and anti-epidemic (preventive) measures” (as amended on February 14, 2022)*.

13. Sokolsky, A. F., Tanayants, I. V., Sokolskaya, E. A., Monakhova, G. A. Environmental protection in the oil and gas complex of the Volga-Caspian basin. Astrakhan: VOO; 2020.

14. *Federal Law of the Russian Federation “On Sanitary and Epidemiological welfare of the population” No. 52-FZ: [feder. the law: adopted by the State Duma on March 12, 1999: as of March 30, 1999]*. Moscow: Publishing House of Standards; 1999: 1–14.

15. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2007. Toxicological Profile for Arsenic (Update)*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts2.pdf>.

16. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2022. Toxicological Profile for Copper (Update)*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts132.pdf>.

17. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2008). Toxicological profile for aluminum*. U.S. Public Health Service in collaboration with U.S. Environmental Protection Agency (EPA).

18. Banerjee, P., Eckert, A. O., Schrey, A. K., Preissner, R. *ProTox-II: a webserver for the prediction of toxicity of chemicals*. Available at: <https://doi.org/10.1093/nar/gky318>.

19. Darbre, P. D. *Metalloestrogens: an emerging class of inorganic xenoestrogens with potential to add to the oestrogenic burden of the human breast*. Available at: <https://doi.org/10.1002/jat.1135>.
20. Filippidou, M. K., Chatzandroulis, S. *Microfluidic devices for heavy metal ions detection: A Review*. Available at: <https://doi.org/10.3390/mi14081520>.
21. Keszler, A., Piknova, B., Schechter, A. N., Hogg, N. *The reaction between nitrite and oxyhemoglobin: a mechanistic study*. Available at: <https://doi.org/10.1074/jbc.M705630200>.
22. Lagunin, A., Zakharov, A., Filimonov, D., Poroikov, V. QSAR Modelling of Rat Acute Toxicity on the Basis of PASS Prediction. *Mol. Informatics*. 2011; 30 (2–3): 241–250.
23. Lee, E. H., Baek, S. Y., Park, J. Y., Kim, Y. W. *Rifampicin activates AMPK and alleviates oxidative stress in the liver as mediated with Nrf2 signaling*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2019.108889>.
24. Mishra, R. K. *Fresh Water availability and Its Global challenge*. Available at: <https://doi.org/10.37745/bjmas.2022.0208>.
25. Matveeva, V. A., Alekseenko, A. V., Karthe, D., Puzanov, A. V. *Manganese Pollution in Mining-Influenced Rivers and Lakes: Current State and Forecast under Climate Change in the Russian Arctic*. Available at: <https://doi.org/10.3390/w14071091>.
26. Sanderson, H., Czub, M., Koschinski, S., Tougaard, J., Sveegaard, S., Jakacki, J., Fauser, P., Frey, T., Beldowski, J., Beck, A., Przyborska, A., Szturomski, B. and Kiciński, R. (Submitted). *Environmental impact of sabotage of the Nord Stream pipelines*. *Open Access Research Square preprint deposition service*. Available at: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2564820/v1>.
27. Yang, H., Lou, Ch., Sun, L., Li, J., Cai, Y., Wang, Zh., Li, W., Liu, G., Tang, Y. *AdmetSAR 2.0: web-service for prediction and optimization of chemical ADMET properties*. Available at: <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty707>.

#### Информация об авторах

Сокольская Е. А. — кандидат биологических наук, доцент;  
Золотарева Н. В. — кандидат технических наук, доцент;  
Локтионова Е. Г. — кандидат химических наук, доцент.

#### Information about the authors

Sokolskaya E. A. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;  
Zolotareva N. V. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
Loktionova E. G. — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

#### Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Contribution of the authors

All authors have made equivalent contributions to publications. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 02.10.2023; одобрена после рецензирования 05.10.2023; принята к публикации 09.10.2023.

The article was submitted 02.10.2023; approved after reviewing 05.10.2023; accepted for publication 09.10.2023.