

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

WATER SUPPLY, SEWERAGE, BUILDING SYSTEMS OF WATER RESOURCE PROTECTION

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 5. С. 120–131.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (5): 120–131.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 628.515:504.064.2

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-5-120-131

EDN: SNZPTW

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО УЧАСТКА РЕКИ ТОМИ

**Александр Мартынович Адам¹, Ольга Дмитриевна Лукашевич²,
Галина Ивановна Мершина³**

¹*Национальный исследовательский*

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

²*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

³*Верхне-Обское бассейновое водное управление, г. Новосибирск, Россия*

Аннотация. Современная система управления водными ресурсами строится на основе внедрения в хозяйственную и прочие виды деятельности принципов наилучших доступных технологий. Это подразумевает рациональное использование природных ресурсов, их охрану от вредных воздействий, организацию оптимальной комплексной системы управления взаимодействием в системе «природный ресурс – хозяйствующий субъект».

Существующие недостатки экономического регулирования в водохозяйственной сфере могут быть преодолены благодаря интенсификации перехода к технологическому нормированию путем выбора наилучших доступных технологий. В настоящее время в стране завершился первый этап внедрения этой системы в сфере охраны окружающей среды для обеспечения минимизации негативного воздействия на окружающую среду, в том числе и в сфере управления водными ресурсами.

В работе выполнен анализ практической деятельности водопользователей с целью оценки ее эффективности за период 2019–2021 гг. на примере водохозяйственного участка 13.01.03.004 (р. Томь от г. Кемерово до ее устья в Томской области).

Показаны положительные тенденции изменения качества воды. Дана прогнозная оценка развития водно-экологической ситуации на исследуемом участке. Полученные результаты позволят оптимизировать неистощительное водопользование в регионе.

Ключевые слова: сточные воды, сброс сточных вод, водопользование, качество поверхностных вод, охрана водных объектов, наилучшие доступные технологии, водно-экологические нормативы

Для цитирования: Адам А.М., Лукашевич О.Д., Мершина Г.И. Оценка эффективности применения наилучших доступных технологий в системе водопользования на примере водохозяйственного участка реки Томи // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 5. С. 120–131. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-120-131. EDN: SNZPTW

ORIGINAL ARTICLE

EFFICIENCY OF BEST AVAILABLE TECHNIQUES IN WATER UTILIZATION ON WATER MANAGEMENT SITE OF THE RIVER TOM

Aleksandr M. Adam¹, Olga D. Lukashevich², Galina I. Mershina³

¹National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

²Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

³Verkhne-Obskoye Basin Water Management Board, Novosibirsk, Russia

Abstract. The modern system of water resource management is based on the principles of best available techniques (BAT) in economy and other activities. It implies rational use of natural resources, their protection from harmful effects, creation of the integrated system for the natural resource–economy system. Shortcomings of the economic regulation in water management can be overcome by intensifying the transition to technological regulation via BAT. At present, the first stage of the implementing this system in Russia is completed in the field of environmental protection to minimize the negative environmental impact, including water resource management. The paper analyzes practical activities of water users to assess its effectiveness for the years 2019–2021 on the example of the Tom river from Kemerovo to its mouth in the Tomsk region. Positive trends in water quality are described. The development of the water-ecological situation in the study area is predicted. The obtained results will allow optimizing the water use in the region.

Keywords: wastewater discharge, water management, surface water quality, protection of water bodies, best available techniques, environmental standards

For citation: Adam A.M., Lukashevich O.D., Mershina G.I. Efficiency of the best available techniques in water utilization on water management site of the river Tom. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (5): 120–131. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-120-131. EDN: SNZPTW

Введение

С использованием водных ресурсов связана экономическая деятельность (формирование высокотехнологичных производств, конкурентоспособность, инновационное развитие) и жизнедеятельность населения страны. В то

же время напряженность в водохозяйственном секторе ввиду истощения и загрязнения водных ресурсов на глобальном, меж- и внутригосударственном, а также локальном уровнях уже более 70 лет продолжает возрастать, что обусловлено как природными, так и техногенными факторами [3, 4, 9, 17]. Преодоление в России этой тенденции, связанной с нерациональным использованием и недостатками законодательного и исполнительного компонентов системы охраны водных ресурсов, требует системного подхода к решению одновременно научно-методологических, научно-практических, организационно-управленческих, эколого-культурных (мотивационно-ценностных, образовательных) проблем водопользования [1, 5, 6, 7, 11, 13].

Гидроэкологическое регламентирование (ограничение) водопользования, в соответствии с концепцией устойчивого развития, предполагает баланс социальных, экономических, государственных, экологических интересов [6, 7, 10, 12]. Это означает, что одновременно с удовлетворением потребностей общества в использовании воды (рекреационном, хозяйственно-бытовом, производственном, техническом, рыбохозяйственном, как средства труда и т. д.) следует учитывать технологические возможности хозяйствующих субъектов и необходимость сохранения водных экосистем для будущих поколений.

Существующие недостатки экономического регулирования в водохозяйственной сфере могут быть преодолены благодаря интенсификации перехода к технологическому нормированию путем выбора наилучших доступных технологий (НДТ). В настоящее время практически завершился первый этап внедрения системы НДТ в сфере охраны окружающей среды с целью обеспечения минимизации негативного воздействия на окружающую среду, в том числе и в сфере управления водными ресурсами (Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»).

Первый национальный опыт внедрения этого подхода получен для нескольких рек, в основном – в европейской части страны [1, 15, 19].

В рамках настоящего исследования выполнена оценка экологического состояния р. Томи от г. Кемерово до ее устья в Томской области и приведен региональный опыт внедрения системы наилучших доступных технологий.

Методы, объекты, терминологический аппарат исследования

В работе авторы руководствовались принципами системы управления в области использования и охраны водных объектов, базирующимися на бассейновом подходе [12], частями которого являются водохозяйственные участки (ВХУ). Ниже приведены трактовки основных понятий и терминов, принятых в российской правоприменительной водохозяйственной системе.

ВХУ – это «часть речного бассейна, имеющая характеристики (границы, площадь, географическое положение, рельеф местности, пересекаемые ландшафты, абсолютные высоты, административные границы), позволяющие установить лимиты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и другие параметры использования водного объекта (водопользования)» (Водный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 1 мая 2022 г.), Кодекс РФ от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ – см. Собрание законодательства Российской Федерации, 2006, № 23, ст. 2381).

Наилучшая доступная технология (НДТ)¹ – «технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения».

Исследуемый водохозяйственный участок (регистрационный номер 13.01.03.004) площадью 14 600 км² представляет собой часть бассейна р. Томи от г. Кемерово до ее впадения в р. Обь (рис. 1), охватывающий некоторые части территории в Томской, Кемеровской и Новосибирской областях [18].

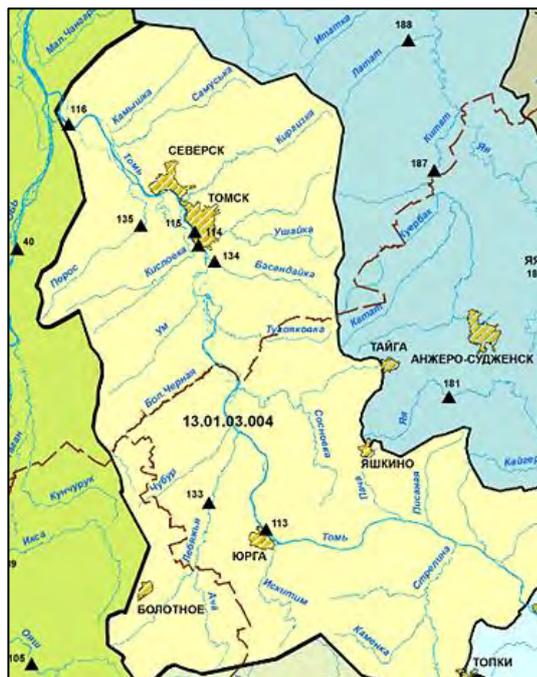


Рис. 1. Расположение исследуемого участка р. Томи (13.01.03.004) в границах Кемеровской и Томской областей (по [18])

Fig. 1. Location of the River Tom site (13.01.03.004) within the boundaries of Kemerovo and Tomsk regions [18]

Исследуемый ВХУ интенсивно используется для нескольких целей [17]:

- забор водных ресурсов для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения;
- рекреационное использование в теплое время года;
- водоотбор для орошения сельскохозяйственных земель;
- забор воды для использования при добыче полезных ископаемых (например, песчано-гравийной смеси);
- сброс производственных, ливневых, коммунальных, сельскохозяйственных сточных вод;

¹ URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/activity/NDT>

– неистощительное водопользование (судоходство, хранение плавсредств);

– работы, связанные с изменением дна и берегов.

Право пользования водным объектом предоставляется на основе лимитов и квот, которые выделяются в строгом соответствии со Схемой комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Оби (СКИОВО Обь)².

Результаты исследования

Анализ научной литературы, экспертных заключений специалистов в области экологического права, обобщение опыта многолетней работы [1, 7, 8, 20, 21, 22, 23] показывает, что в целом российская система водопользования не может считаться эффективной. Большинство исследователей, в том числе авторы работы [7], считают, что экономические инструменты управления водопользованием нуждаются в рационализации. Существующие подходы «не мотивируют водопользователей к эффективному использованию водных ресурсов и организации водоохранной деятельности» [7]. Улучшению ситуации способствует совершенствование экологического нормирования [3, 4, 8, 16] с разработкой комплексных показателей антропогенной нагрузки, позволяющих всесторонне оценить влияние эффективности очистки сточных вод на степень их негативного воздействия на водные экосистемы. Внедрение зарубежного опыта «использования наилучших доступных технологий и системы платежей за загрязнение» [7] происходит на современном этапе крайне медленно. Частично это объясняется низким размером такой платы (в отличие от существенно более высокого в западных странах) и неопределенностью ее правового статуса [7, 15, 16] (рис. 2).



Рис. 2. Основные причины низкой эффективности управления водопользованием (по [7, 15])

Fig. 2. Main causes of low efficiency of water consumption [7, 15]

² ГОСТ Р 58555–2019. Экспертно-комбинированный метод регулирования водопользования. Москва: Стандартинформ, 2019. 29 с.

Главная водная артерия исследуемого ВХУ – р. Томь. Пересекая территорию крупных промышленных центров (Междуреченск, Новокузнецк, Кемерово, Томск), река служит коллектором для недостаточно очищенных сточных и ливневых вод предприятий преимущественно топливно-энергетической, горнодобывающей, золотодобывающей, металлургической и химической отраслей, а также коммунального хозяйства [14]. Согласно многолетним статистическим данным³, среди водотоков Обь-Иртышского бассейна именно р. Томь с притоками лидирует по объемам сбрасываемых сточных вод. В их структуре «высока доля неочищенных или недостаточно очищенных стоков» [10]. Как и в других высоко урбанизированных, промышленно развитых районах, на территории Кемеровской и Томской областей для р. Томи отмечаются «высокие коэффициенты использования водных ресурсов и низкая кратность разбавления» стоков, что проявляется на фоне общей тенденции сокращения забора воды и сброса стоков [10].

Авторы обширного исследования [9] подтверждают этот факт, указывая, что наиболее низким качеством воды в бассейне Оби обладают водные объекты Новосибирской и Томской областей. Отмечается, что в целом способность к самоочищению в период открытой воды на всем протяжении характеризуется высоким потенциалом и интенсивностью самоочищения [9].

Потенциальное увеличение поступления сточных вод (обусловленное планами экономического роста юга Западной Сибири) при одновременной тенденции сокращения (в контексте продолжающегося потепления климата и усыхания малых рек) водного стока несет угрозу снижения потенциала самоочищения р. Томи и ведет к росту загрязненности ее вод.

В настоящее время потребность в водных ресурсах населения и предприятий обеспечивается в полном объеме и составляет:

- на забор воды – 370 млн м³ в год (1,5 % от возможного объема забора воды);
- на сброс сточных вод – 562,2 млн м³ в год (2,5 % от возможного объема сброса сточных вод).

Наблюдаемое по данным статистической отчетности значительное (в полтора раза) превышение объема сбрасываемых сточных вод над изъятими из реки объясняется использованием водопользователями больших запасов подземных вод, имеющихся на территории области.

Динамика сброса сточных вод на ВХУ за период 2018–2021 гг., в результате природоохранной деятельности водопользователей по исполнению требований системы НДТ, показывает положительные тенденции:

- сокращение объема сброса сточных вод с 406 до 369 млн м³ (т. е. на 10 %);
- сокращение массы сбрасываемых загрязняющих веществ по сравнению с наблюдавшейся ранее: переломлена сложившаяся ранее тенденция устойчивого превышения в водных объектах на ВХУ таких нормативных показателей, как БПК_{полн.}, нефтепродукты, аммоний-ион, ХПК, фосфаты, фенолы;
- улучшение качества воды в р. Томи по маркерным показателям: БПК_{полн.}, нефтепродукты, аммоний-ион, ХПК;

³ Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/databases/emiss/ (дата обращения: 30.08.2023).

– увеличение содержания кислорода в замыкающем створе р. Томи (0,1 км выше с. Козюлино) на 25 % (с 8,51 до 10,6 мг/л).

Ниже приведены обобщенные химико-аналитические данные, свидетельствующие о снижении степени загрязнения воды на ВХУ веществами органического происхождения.

Масса сброса (по БПК_{полн}) снизилась почти в 2 раза. При этом качество воды по данному показателю также улучшается в 1,3 раза (рис. 3).

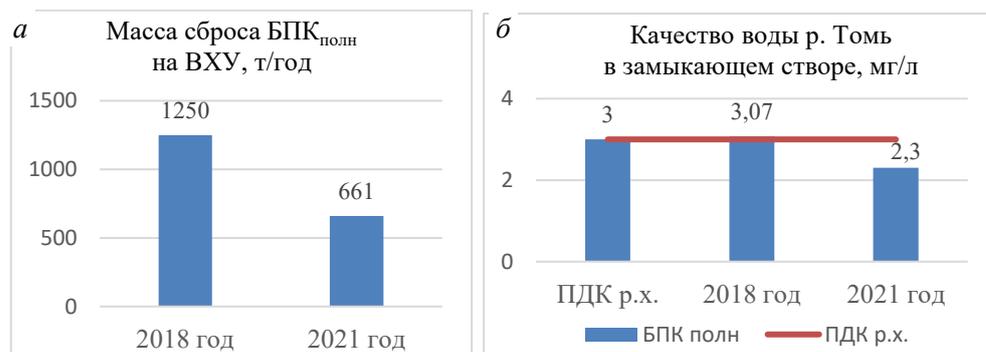


Рис. 3. Динамика массы сброса (а) и концентрации БПК_{полн} (б) в р. Томи на ВХУ
Fig. 3. Dynamics of discharge mass (a) and full concentration (b) in the River Tom

Установлено, что масса сброса нефтепродуктов уменьшилась почти в 1,7 раза (рис. 4), одновременно качество воды по данному показателю также улучшилось в 1,7 раза.

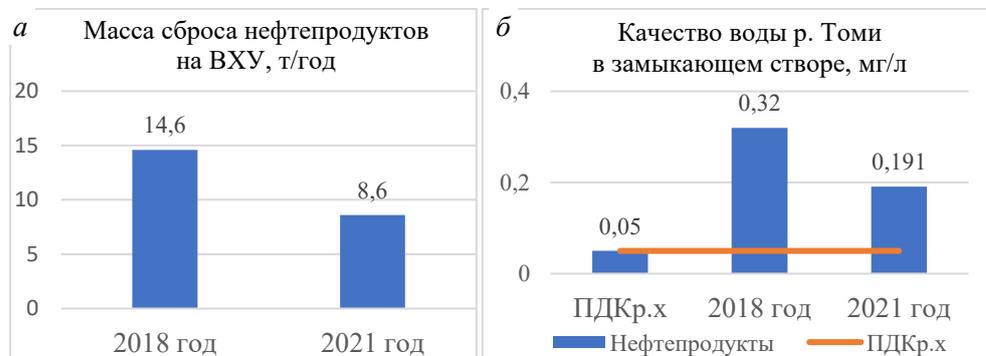


Рис. 4. Изменение массы сброса нефтепродуктов (а) и концентрации нефтепродуктов (б) в р. Томи на ВХУ
Fig. 4. Changes in oil product discharge (a) and concentration (b) in the River Tom

Масса сброса аммоний-иона уменьшается почти в 1,7 раза. При этом качество воды по данному показателю также улучшается в 1,5 раза (рис. 5).

На рис. 6 представлены данные, свидетельствующие о снижении содержания в воде органических и неорганических веществ, определяемых по бихроматной окисляемости (ХПК).

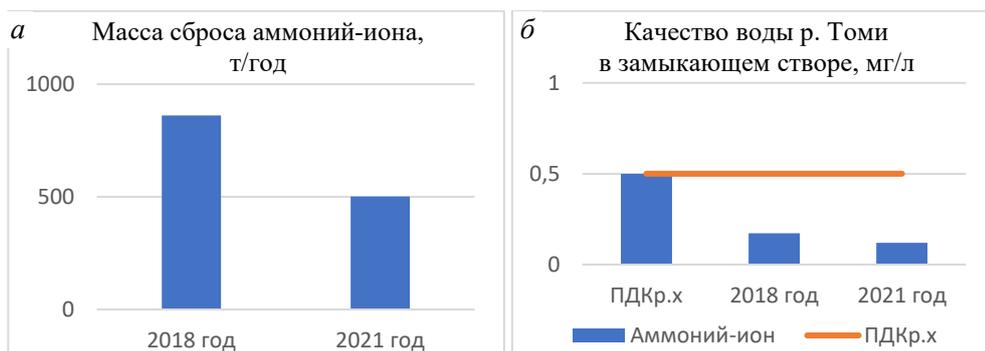


Рис. 5. Изменение массы сброса (а) и концентрации (б) аммоний-иона в р. Томи на ВХУ
 Fig. 5. Discharge mass (a) and concentration (b) of ammonium-ion in the River Tom

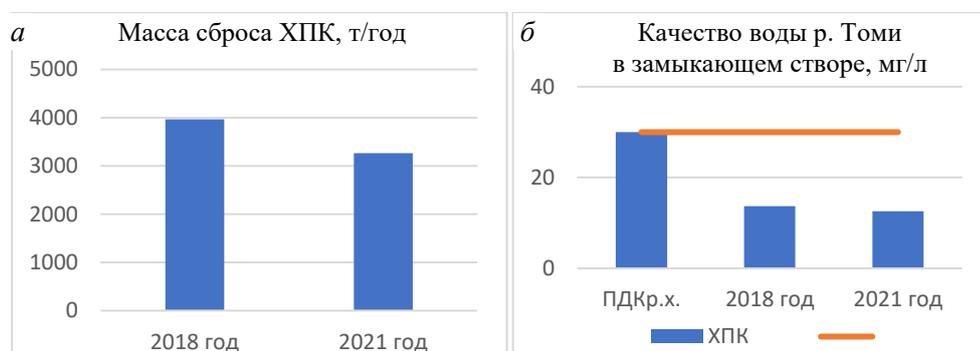


Рис. 6. Динамика массы сброса и концентрации ХПК в р. Томи на ВХУ
 Fig. 6. Dynamics of discharge mass and concentration of dichromate oxidizability in the River Tom

Масса сброса этих веществ уменьшается почти в 1,2 раза. Симбатно качество воды по данному показателю также улучшается в 1,1 раза. Произошедшее увеличение содержания кислорода в замыкающем створе р. Томи на 25 % открывает путь повышения самоочищающей способности реки, что в перспективе улучшит состояние гидробиоценозов и важных гидрохимических показателей на ее участках.

Заключение

На основе анализа результатов многолетних исследований водно-экологических проблем бассейна р. Томи и изучения современного состояния водопользования на выделенном водохозяйственном участке 13.01.03.004 можно утверждать, что наметилась позитивная тенденция в отношении маркерных показателей качества речной воды. Вероятной причиной этого может являться экономический спад и снижение численности населения в регионе, поскольку в исследуемый временной период не были введены в строй новые очистные сооружения, которые бы коренным образом изменили в лучшую сторону качественный и количественный состав промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод.

Вместе с тем, учитывая направленность государственной экономической политики на рост отраслей реального производства, можно ожидать увеличения активности водопользователей и, как следствие, роста объемов сбрасываемых неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод. Ряд исследователей, в том числе [11], справедливо указывают, что «свыше 86 % очистных сооружений на территории Томской области не обеспечивают достижение нормативных показателей качества сточных вод». Как следствие, загрязнение нефтепродуктами, тяжелыми металлами, органическими веществами и уменьшение содержания кислорода вызовет деградацию гидробиоценозов, снижение самоочищающей способности воды и ухудшение ее качества для водопользователей.

Решение водно-экологических задач на ВХУ должно проводиться системно: с проектированием и использованием современных водоочистных сооружений; с развитием методологии экологического мониторинга; с переходом предприятий промышленности, сельского хозяйства, сферы услуг на маловодные/безводные технологии (например, с замкнутыми циклами); с совершенствованием законодательной и нормативно-технической базы в отношении водохозяйственной деятельности и исполнительской дисциплины.

Некоторые выводы в отношении наметившейся позитивной тенденции улучшения качества речной воды, связанной с началом внедрения принципов наилучших доступных технологий на исследуемой территории ВХУ:

1. Потребность в водных ресурсах населения и предприятий обеспечивается в полном объеме.

2. Реализация водопользователями природоохранных мероприятий в границах ВХУ 13.01.03.004 (р. Томь от г. Кемерово до устья) в рамках внедрения системы НДТ привела к существенному уменьшению массы сброса загрязняющих веществ и снижению концентрации основных загрязняющих веществ, что подтверждается корреляционной зависимостью данных показателей.

3. Сокращение объема сброса сточных вод за период наблюдения составило от 406 до 369 млн м³ (10 %).

4. Улучшилось качество воды р. Томи по маркерным веществам: БПК_{полн}, нефтепродукты, аммоний-ион, ХПК.

5. Произошло увеличение содержания кислорода в замыкающем створе р. Томи на 25 %, что в перспективе улучшит состояние гидробиоценозов и важных гидрохимических показателей на ее участках.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белокрылова Е.А., Уаге М.Б. Наилучшие доступные технологии в экологическом праве Российской Федерации // Вестник Удмуртского университета. Сер. 2: Экономика и право. 2014. Вып. 4. С. 119–123.
2. Об экологической ситуации в Томской области в 2021 году : доклад. Томск : ОГБУ «Облкомприрода», 2022. 124 с.
3. Дудников Ю.В. Проблемы нормирования негативного воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду // Башкирский экологический вестник. 2011. № 2. С. 29–33.
4. Елисеев С.В. Особенности экологического нормирования сбросов предприятий водотведения и их абонентов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2012. № 4 (52). С. 8–10.
5. Лернер А.Д. Сточные воды: проблемы нормирования сбросов в рамках государственной экологической политики // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2016. № 1. С. 265–269.

6. Лукашевич О.Д. Геоэкологическая безопасность хозяйственно-питьевого водопользования в Верхнем и Среднем Приобье : специальность 25.00.36 «Геоэкология» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2007. 45 с.
7. Касимова Е.М., Оболдина Г.А., Попов А.Н. Совершенствование экономического механизма регулирования водопользования на основе комплексных показателей, используемых при внедрении наилучших доступных технологий // Водное хозяйство России. 2015. № 6. С. 54–66.
8. Оболдина Г.А. Альтернативный подход к методологии экологического нормирования // Водное хозяйство России. 2020. № 6. С. 63–86. DOI: 10.35567/1999-4508-2020-6-4
9. Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Ермолаева Н.И., Зиновьев А.Т., Кошелева Е.Д., Красноярова Б.А., Ловцкая О.В., Папина Т.С., Рыбкина И.Д., Трошкин Д.Н., Шарабарина С.Н., Яныгина Л.В. Современные водохозяйственные и экологические проблемы бассейна Оби и прогноз состояния до 2030 года // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 6. С. 45–58. DOI:10.35567/19994508_2022_6_3
10. Рыбкина И.Д., Стояцева Н.В., Губарев М.С., Орлова Е.С., Седова Е.Ю. Особенности водопользования в регионах Обь-Иртышского бассейна // Известия АО РГО. 2026. № 4. С. 19–29.
11. Савичев О.Г., Базанов В.А., Ломакина Н.Ю. Анализ эффективности очистки коммунально-бытовых сточных вод в Томской области // Вестник науки Сибири. Сер. 1. Науки о Земле. 2012. № 1 (2). С. 17–24.
12. Савичев О.Г. Гидроэкологическое обоснование водохозяйственных решений. Томск : Изд-во ТПУ, 2021. 166 с.
13. Сорока Н.Н. Закрепление института экологического нормирования в законодательстве Российской Федерации // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий 2016. № 4. С. 114–119.
14. Торосян В.Ф. Сезонные изменения гидрохимических показателей воды реки Томь в приграничной акватории Кемеровской и Томской областей // Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2020. С. 318–321.
15. Уаге М.Б. Особенности права водопользования и охраны водных ресурсов промышленными предприятиями. Ижевск : Jus est, 2014. 148 с.
16. Уаге М.Б. Правовое регулирование промышленного водопользования в Российской Федерации // Вестник Удмуртского университета. Сер. 2: Экономика и право. 2017. Вып. 1. С. 142–146.
17. Шварцев С.Л., Савичев О.Г. Качество речных вод и проблемы управления водопользованием в бассейне реки Томи // Вычислительные технологии. 2006. Т. 11. Ч. 2. С. 67–78.
18. Шварцев С.Л., Домрачёва Е.В., Огнетова М.П. Базовые пункты гидрогеохимических наблюдений в бассейне р. Томи в 2000 г. // Гидрогеология, инженерная геология и гидрогеоэкология : материалы конференции, посвященной 75-летию кафедры ГИГЭ ТПУ, Томск, декабрь 2005 г. / Томский политехнический университет ; под ред. С.Л. Шварцева. Томск : Изд-во НТЛ, 2005. С. 205–218.
19. Щелчков К.А., Волосатова М.А., Гревцов О.В. Основные аспекты применения информационно-технических справочников по НДТ // Экология производства. 2019. № 5. С. 20–27.
20. Hubert Jenny, Yihong Wang. Using Artificial Intelligence for Smart Water Management Systems // ADB BRIEFS. 2020. June. № 143. P.1–10.
21. Schönberger H. Technique combinations to meet the ambitious ZDHC wastewater guidelines // Integrated Best Available Wastewater Management in the Textile Industry : Colloquium on Textile Wastewater Management 2018-09-19 / Scientific Head Dr.-Ing. Harald Schönberger. Vulkan-Verlag GmbH, Essen, 2018. 190 p. ISBN 978-3-8356-7411-0.
22. Brinkmann T., Santonja G.G., Yükseler H., Roudier S., Sancho L.D. Best available techniques (BAT) reference document for common waste water and waste gas treatment/management. Systems in the chemical sector : Industrial emissions directive 2010/75/EU integrated pollution prevention and control. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2016. 633 p. DOI: 10.2791/37535

23. Barenboim G.M., Danilov-Danilyan V.I., Gelfan A.N., Motovilov Y.U.G. On the problems of water quality in Russia and some approaches to their solution // Understanding Freshwater Quality Problems in a Changing World Proceedings of H04, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly. Gothenburg, Sweden, July 2013 (IAHS Publ. 361, 2013). P. 77–86.

REFERENCES

1. Belokrylova E.A., Uage M.B. Best available technologies in the environmental law of the Russian Federation. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser. 2: Ekonomika i pravo*. 2014; (4): 119–123. (In Russian)
2. Environmental situation in the Tomsk Oblast in 2021: Report. Tomsk: Oblkompriroda, 2022. 124 p. (In Russian)
3. Dudnikov Y.V. Negative impact of pollutants on the environment. *Bashkirskii ekologicheskii vestnik*. 2011; (2): 29–33. (In Russian)
4. Eliseev S.V. Ecological rationing of discharges of water disposal enterprises. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*. 2012; 4 (52): 8–10. (In Russian)
5. Lerner A.D. Wastewater: Problems of discharge rationing within the Dal'nii Vostok: problemy razvitiya arkhitekturno-stroitel'nogo kompleksa. *Dal'nii Vostok: problemy razvitiya arkhitekturno-stroitel'nogo kompleksa*. 2016; (1): 265–269. (In Russian)
6. Lukashevich O.D. Geoecological safety of economic and drinking water use in the upper and middle Priobye. DSc Abstract. Tomsk: TSUAB, 2007. 45 p. (In Russian)
7. Kasimova E.M., Oboldina G.A., Popov A.N. Improvement of water use regulation on the basis of complex indicators for implementation of the best available technologies. *Vodnoe khozyaistvo Rossii*. 2015; (6): 54–66. (In Russian)
8. Oboldina G.A. Alternative approach to the methodology of environmental rationing. *Vodnoe khozyaistvo Rossii*. 2020. (6): 63–86. (In Russian)
9. Puzanov A.V., Bezmaternykh D.M., Ermolaeva N.I., Zinoviev A.T., Kosheleva E.D., Krasnoyarskaya B.A., Lovitskaya O.V., Papina T.S., Rybkina I.D., Troshkin D.N., Sharabarina S.N., Yanygina L.V. Modern water and ecological problems of the Ob basin and forecast up to 2030. *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*. 2022; (6): 45–58. DOI: 10.35567/19994508_2022_6_3 (In Russian)
10. Rybkina I.D., Stoyasheva N.V., Gubarev M.S., Orlova E.S., Sedova E.Y. Water use in the regions of the Ob-Irtysh basin. *Izvestiya AO RGO*. 2026; (4): 19–29. (In Russian)
11. Savichev O.G., Bazanov V.A., Lomakina N.Y. Efficiency of municipal wastewater treatment in the Tomsk region. *Vestnik nauki Sibiri. Ser. 1. Earth Sciences*. 2012; 1 (2): 17–24. (In Russian)
12. Savichev O.G. Hydroecological substantiation of water management decisions. Tomsk: TPU, 2021. 166 p. (In Russian)
13. Soroka N.N. The institute of environmental regulation in the legislation of the Russian Federation. *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informatsionnykh tekhnologii*. 2016; (4): 114–119. (In Russian)
14. Torosyan V.F. Seasonal changes in hydrochemical indicators of the Tom River water in Kemerovo and Tomsk regions. In: *Proc. Int. Sci. Environmental Conference*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University, 2020. Pp. 318–321. (In Russian)
15. Uage M.B. Water use and protection of water resources by industrial enterprises. Izhevsk, 2014. 148 p. (In Russian)
16. Uage M.B. Legal regulation of industrial water use in the Russian Federation. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser. 2: Ekonomika i pravo*. 2017; (1): 142–146. (In Russian)
17. Shvartsev S.L., Savichev O.G. River water quality and water management problems in the Tom River basin. *Vychislitel'nye tekhnologii*. 2006; 11. Part 2: 67–78. (In Russian)
18. Shvartsev S.L., Domracheva E.V., Ognatova M.P. Base points of hydrogeochemical observations in the River Tom basin in 2000. In: *Proc. Sci. Conf. 'Hydrogeology, Engineering Geology and Hydrogeoecology'*, S.L. Shvartsev, Ed., Tomsk: NTL, 2005. Pp. 205–218. (In Russian)
19. Shchelchikov K.A., Volosatova M.A., Grevtsov O.V. Main aspects of application of BAT information and reference books. *Ekologiya proizvodstva*. 2019; (5): 20–27. (In Russian)
20. Hubert Jenny, Yihong Wang. Using artificial intelligence for smart water management systems. *ADB BRIEFS*. 2020; (143): 1–10.

21. *Schönberger H.* Technique combinations to meet the ambitious ZDHC wastewater guidelines. Integrated Best Available Wastewater Management in the Textile Industry: Colloquium on Textile Wastewater Management. 2018. 190 p. ISBN 978-3-8356-7411-0.
22. *Brinkmann T., Santonja G.G., Yükseler H., Roudier S., Sancho L.D.* Best available techniques (BAT) reference document for common waste water and waste gas treatment/management. Systems in the chemical sector: Industrial emissions directive 2010/75/EU integrated pollution prevention and control. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. 633 p. DOI: 10.2791/37535
23. *Barenboim G.M., Danilov-Danilyan V.I., Gelfan A.N., Motovilov Y.U.G.* On the problems of water quality in Russia and some approaches to their solution. Understanding Freshwater Quality Problems in a Changing World Proceedings of H04, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly. Gothenburg, Sweden, July 2013 (IAHS Publ. 361, 2013). Pp. 77–86.

Сведения об авторах

Адам Александр Мартынович, докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, ул. Ленина, 36, adam@green.tsu.ru

Лукашевич Ольга Дмитриевна, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, odluk@yandex.ru

Мершина Галина Ивановна, руководитель Отдела водных ресурсов по Томской области, Верхне-Обское бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов, 630087, Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 167, ovrto@tomsk.gov.ru

Authors Details

Aleksandr M. Adam, DSc, Professor, Head of Ecology, Nature Management and Environmental Engineering Department, National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia, adam@green.tsu.ru

Olga D. Lukashevich, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, odluk@yandex.ru

Galina I. Mershina, Head of the Tomsk Region Water Resources Center, Verkhne-Obskoye Basin Water Management Board, 167, Nemirovich-Danchenko Str., 630087, Novosibirsk, Russia, ovrto@tomsk.gov.ru

Вклад авторов

Адам А.М. – идея, написание статьи.

Лукашевич О.Д. – сбор и обзор литературных сведений, написание статьи, научное редактирование текста.

Мершина Г.И. – сбор фактического материала, обработка материала, написание статьи. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

Adam A.M. idea, writing – original draft preparation.

Lukashevich O.D. literature review, writing – review and editing.

Mershina G.I. actual data collection, data processing, writing.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.06.2023
Одобрена после рецензирования 30.07.2023
Принята к публикации 21.09.2023

Submitted for publication 20.06.2023
Approved after review 30.07.2023
Accepted for publication 21.09.2023