



Современное состояние канализационных очистных сооружений на севере Иркутской области

Э.Э. Василевич¹, О.Л. Лавыгина^{2✉}, В.И. Дударев³

^{1,2,3}Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Эксплуатация централизованных систем водоотведения сопровождается комплексом не только технических мероприятий, но и организационных. Основным критерием эффективности принятых мер является повышение качества очистки сточной воды. Анализ работы сооружений в северных условиях и зоне резкоконтинентального климата показывает ряд задач, которые требуют неотложного решения. Исследования биологической очистки сточных вод в подобных условиях показывают необходимость комплексного подхода, когда учитываются не только технологические особенности станций очистки сточных вод, но и климатические параметры, а также условия их эксплуатации. В работе рассмотрены показатели эффективности работы двух станций водоочистки, расположенных в северных районах Иркутской области. Выявлена недостаточная очистка сточных вод по некоторым загрязняющим веществам. Проведен комплексный анализ, который позволил установить ряд возможных причин превышения концентраций загрязняющих веществ. В качестве нормативных показателей использовались предельно-допустимые концентрации, установленные для водных объектов рыбо-хозяйственного назначения. Для более полного и глубокого анализа следует каждый этап очистки оценивать по реализуемой схеме в соответствии с проектом и разработанным технологическим регламентом, уточнять оптимальные параметры и анализы стоков поэтапно. Предварительный анализ позволил определить ряд мероприятий, которые позволяют повысить эффективность очистки сточных вод, и обосновать внедрение системы контроля качества сточной воды, сбрасываемой абонентами.

Ключевые слова: водоотведение, сточные воды, северные условия, канализационные очистные сооружения, биологическая очистка, загрязняющие вещества, эффективность очистки

Для цитирования: Василевич Э.Э., Лавыгина О.Л., Дударев В.И. Современное состояние канализационных очистных сооружений на севере Иркутской области // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2024. Т. 14. № 4. С. 719–726. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-4-719-726>. EDN: PIOOGA.

Original article

Wastewater treatment facilities in the north of the Irkutsk Oblast: the current state

Elvira E. Vasilevich¹, Olga L. Lavygina^{2✉}, Vladimir I. Dudarev³

^{1,2,3}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. Operation of centralized wastewater disposal systems requires not only technical, but also organizational measures. The efficiency of these measures can be assessed by increasing the quality of wastewater treatment. The analysis of operation of facilities in the northern conditions and the zone of sharply continental climate demonstrates a number of issues that require urgent solution. According to the studies of biological wastewater treatment in such conditions, a comprehensive approach should be taken, considering climatic parameters and conditions of their operation, along with technological features of wastewater treatment plants. The paper considers the performance indicators of two water treatment plants located in the northern districts of Irkutsk Oblast. Insufficient wastewater treatment for some pollutants was revealed. A complex analysis was carried out, which identified a number of possi-

ble causes of exceeded concentrations of pollutants. Maximum permissible concentrations set for fishery water bodies were used as normative indicators. In order to provide a more complete and in-depth analysis, each stage of treatment should be evaluated according to the implemented scheme in accordance with the project and the developed technological regulations, and the optimal parameters and wastewater analyses should be specified step-by-step. A preliminary analysis resulted in a number of measures to improve the efficiency of wastewater treatment and to justify the introduction of a system for the quality control of wastewater discharged by consumers.

Keywords: wastewater, wastewater, northern conditions, sewage treatment plants, biological treatment, pollutants, cleaning efficiency

For citation: Vasilevich E.E., Lavygina O.L., Dudarev V.N. Wastewater treatment facilities in the north of the Irkutsk Oblast: the current state. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2024;14(4):719-726. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-4-719-726>. EDN: PIOOGA.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях особого интереса к экологическим проблемам и ужесточения требований к водопользователям эксплуатация систем водоочистки требует особого внимания. Превышение нормативов загрязняющих веществ неизбежно приводит к сверхлимитным платежам за негативное воздействие. Современные экономические условия диктуют требования к энергоэффективности в процессе эксплуатации очистных сооружений [1]. В классических методах очистки бытовых стоков, как и в современных справочниках с перечнем наилучших доступных технологий, главное место в схеме обработки сточных вод по праву занимает биологическая очистка как основа природных процессов деструкции органических соединений [2]. В некоторых случаях применяются системы доочистки [2]. Применение биологических методов очистки сточных вод обосновано способностью микроорганизмов использовать органические загрязнения в качестве продуктов питания.

Любое сооружение для биологической очистки представляет собой своеобразную экологическую систему из определенных условий существования и биоценоза, сформированного для этих условий [3]. Для получения требуемого эффекта очистки, необходимо выполнить некоторые условия, которые связаны с составом и температурой стоков, кислородным режимом и отсутствием токсинов [4]. Из-за очень высокой биологической изменчивости активного ила различные метаболические превращения, происходящие в иле, могут привести к образованию весьма разнообразных вторичных смесей загрязняющих веществ [5]. Как отмечают некоторые авторы, важным показателем для оценки эффективности работы канализационных очист-

ных сооружений (КОС) является не только иловый индекс (масса сухого вещества), но и гидробиологический анализ (видовое разнообразие биоценоза). В качестве положительных факторов, действующих на эффективность очистки, следует отметить солнечную радиацию, наличие системы аэрации, деятельность бактерий и организмов, зеленых растений [6].

Помимо изученных и повсеместно внедренных на очистных сооружениях традиционных методов очистки, в последние годы разрабатываются и апробируются новые технологии удаления биогенных элементов [7]. Следует отметить, что дефицит средств и специалистов не позволяет отдаленным регионам быстро перейти на новые технологии. Для соблюдения условий эксплуатации на сооружениях открытых КОС разной производительности применяются защитные купола.

Разработан уникальный программный комплекс, позволяющий как проектировщикам, так и эксплуатационному персоналу анализировать и прогнозировать работу очистных сооружений канализации в зависимости от их технологических параметров и природно-климатических факторов района проектирования объекта, что исключает ухудшение качества сточной жидкости в любое время года [8].

Сложные природные условия, значительный износ сооружений исследуемого региона требуют принятия неотложных мер с использованием всего потенциала информационных и материальных ресурсов [9–12].

Целью данной работы является выявление возможных причин недостаточной очистки, что позволит определить возможные мероприятия при эксплуатации КОС не только технического характера, но и организационного.

МЕТОДЫ

Для исследования были приняты концентрации веществ, определенные лабораторией, имеющей аккредитацию на данные виды исследований, что свидетельствует о достоверности принятых исходных данных. Перечень определяемых веществ установлен в соответствии с Правилами проведения инвентаризации сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду¹. Для анализа качества очистки использованы методы статистического анализа и обработки данных. В качестве объекта исследования рассмотрены канализационные очистные сооружения, расположенные на севере Иркутской области (КОС № 1 и КОС № 2). КОС № 1 принимают хозяйственно-бытовые стоки от жилого поселка в объеме 1200 м³ в сутки при проектной производительности 2700 м³ в сутки. В составе имеют тангенциальную песколовку, аэротенки (две штуки), первичные и вторичные отстойники, минерализаторы. КОС № 2 принимают хозяйственно-бытовые стоки от жилого поселка и от вахтовых поселков в объеме 2100 м³ в сутки при проектной производительности 3200 м³ в сутки. В составе имеются решетки для механической очистки, аэротенки (четыре штуки), первичные и вторичные отстойники. Износ отдельных сооружений составляет 80–90 %. Особенностью данных очистных сооружений является их размещение на открытом пространстве, т. е. вне капитальных зданий и сооружений. Данный факт не может не оказывать негативного влияния на эффективность работы процессов биологической очистки в условиях севера Иркутской области, где абсолютная минимальная температура воздуха составляет минус 46 °С (по данным СП 131.13330.2020)². Снижение температуры стоков также происходит по причине разбавления стоков с коллектора сточными водами с частного сектора. По данным лаборатории, температура стоков на станциях в зимний период составляет в среднем до 12 °С и ниже на КОС № 1, до 8 °С на КОС № 2. Требования к условиям эксплуатации и оптимальные параметры биологической очистки нарушаются, и процессы деструкции в зимний период резко снижаются. КОС № 1 и КОС № 2 осуществляют сброс очищенных сточных вод в водные объекты рыбо-хозяйственного назначения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки качества очистки сточных вод целесообразно провести сравнение концен-

траций загрязняющих веществ на входе (до очистки) и на выходе (после очистки) по выборке среднегодовых значений, что позволит оценить эффективность очистки сточных вод (таблица). Бытовые сточные воды, поступающие на очистку, согласно анализам, по величине БПК₅ (60–70 мг/л), можно оценить как высокоразбавленные, а нагрузку на активный ил – как низкую. Низкая нагрузка еще не означает, что все поступившие в сооружение загрязняющие вещества будут изъятые активным илом [13]. Кроме того, отсутствие показателей по фосфору и соединениям азота не дает четкой картины требуемого для качественной биологической очистки, соотношения БПК:азота:фосфора соответствует 100:5:1.

Анализ качества очистки показывает повышение концентрации на выходе по взвешенным веществам, фторидам, формальдегиду и натрию. Увеличение взвешенных веществ свидетельствует о несовершенстве работы вторичных отстойников, ввиду чего происходит вынос активного ила. Кроме того, вынос ила может быть причиной несоблюдения параметров биологической очистки и в самих аэрационных сооружениях. Сравнение концентраций с ПДК_{рх} показывает превышение по хлороформу (КОС № 2), по анионным СПАВ, железу, фенолу, фторидам, нефтепродуктам. Повышенные концентрации железа в сточной воде могут свидетельствовать о выносе окиси железа при эксплуатации коррозированных трубопроводов. Учитывая высокую степень износа (около 90 %), превышение концентрации железа на выходе из КОС № 2 вполне очевидно. Учитывая источники образования сточных вод, а именно – отсутствие производственных металлургических предприятий, следует предположить, что фенолы и фториды поступают с питьевой водой и случайными сбросами (сливами от автономных объектов). Анионные СПАВ и неионогенные СПАВ поступают с хозяйственно-бытовым стоком и, большей частью, не могут быть обезврежены путем механической или биологической очистки. Более того, подобные вещества приводят к снижению биохимических процессов [14]. Особенностью состава очищенных сточных вод для КОС № 1 и КОС № 2 является крайне высокие концентрации нефтепродуктов. Источниками данного вещества являются абоненты, обслуживающие объекты нефтегазодобывающего комплекса, активно развивающегося на севере Иркутской области.

¹Постановление Правительства РФ от 13.07.2019 № 891 «Об утверждении Правил проведения инвентаризации сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду».

²СП 131.13330.2020. Свод правил. Строительная климатология СНиП 23-01-99*.

Показатели качества очистки сточных вод
 Wastewater treatment quality indicators

Определяемый показатель	ПДК _{рх}	Среднее значение, мг/л (КОС № 1)		Среднее значение, мг/л (КОС № 2)	
		вход	выход	вход	выход
Взвешенные вещества	0,25	85,7	85,86	120,5	227,53
Растворенный кислород	6	1	1,34	1	2,1
БПК ₅	2,1	62,32	37,38	73,6	87,2
ХПК	–	260,97	245,7	283,17	312,41
Бор	0,1	0,03	0,02	0,03	0,02
Свинец	0,006	0,03	0,01	0,03	0,02
Мышьяк и его соединения	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
Сульфат-анион (сульфаты)	100	70,26	29,43	58,26	61,98
Хлориды	300	21,96	20,45	38,12	24,30
Хлороформ (трихлорметан)	0,005	0,14	0,0001	0,21	0,10
Цианид-анион	0,05	0,01	0,01	0,06	0,01
Алюминий	0,04	0,03	0,01	0,11	0,01
АСПАВ (Анионные СПАВ)	0,1	1,23	0,71	0,81	1,17
Железо	0,1	0,54	0,54	0,62	0,73
Фенол, гидроксibenзол	0,001	0,23	0,08	0,27	0,25
Фторид-анион	0,05	0,41	0,44	0,27	0,31
НСПАВ (Неионогенные СПАВ)	–	0,91	0,33	0,92	1,10
Нефтепродукты (нефть)	0,05	1,24	0,93	3,42	2,74
Олово и его соединения	0,112	0,01	0,005	0,005	0,005
Роданид-ион	0,1	0,09	0,04	0,12	0,11
Сульфиды	0,01	0,07	0,04	0,33	0,35
Формальдегид	0,1	0,25	0,26	0,31	0,52
Кадмий	0,005	0,01	0,01	0,001	0,001
Кальций	180	15,60	14,58	28,05	20,50
Кобальт	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Магний	40	1,65	1,18	0,62	5,57
Марганец	0,01	0,31	0,09	0,23	0,15
Медь	0,001	0,01	0,001	0,03	0,001
Молибден	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Натрий	120	0,75	0,96	0,62	1,71
Никель	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01
Ртуть	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Стронций	0,4	0,51	0,11	0,27	0,18
Хром трехвалентный	0,07	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Хром шестивалентный	0,02	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Цинк	0,01	0,01	0,002	0,05	0,01

Учитывая снижение концентрации нефтепродуктов на выходе из КОС, можно сделать вывод о разбавлении нефтесодержащих сточных вод хозяйственно-бытовыми стоками, поступающими от жилищного фонда, а также частичной сорбцией и последующей деструкцией биоценоза КОС.

Учитывая тот факт, что сточная жидкость

представляет собой сложный и многокомпонентный химический раствор [15, 16], колебания по концентрациям загрязняющих веществ могут быть существенными, что определяется не только качеством сточной воды, поступающей на очистку, но и химическими взаимодействиями в процессе очистки.

Следует отметить, что ввиду удаленности

рассматриваемых КОС время транспортировки до аккредитованной лаборатории составляет более 12 часов, что не может не оказать влияние на изменения концентраций по некоторым химическим компонентам при их совместном присутствии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эксплуатация КОС в современных экономических условиях является сложной задачей, направленной не только на поддержание в работоспособном состоянии оборудования и сооружений, но и обеспечение надлежащего качества очистки. В связи с ужесточением экологических требований в области водопользования эксплуатирующие организации вынуждены принимать комплекс мероприятий по повышению качества очистки сточных вод. Задачу усложняет физический и моральный износ рассматриваемых станций (до 90 %), эксплуатация в условиях резкоконтинентального климата, дефицит квалифицированных специалистов.

Каждый этап очистки по реализуемой схеме следует оценивать в соответствии с проектом и разработанным технологическим регламентом, необходимо уточнять оптимальные параметры и анализы стоков поэтапно. Введение контроля на месте с помощью датчиков и простых анализов существенно снизит ошибку в определении показателей. Вопрос обеспечения приборами контроля в силах ре-

шить, при поддержке абонентов, администрации районов и министерства жилищной политики, энергетики и транспорта области.

Принимая во внимание ценность этапа биологической очистки, необходимо найти возможность подогрева стоков и изоляции коллекторов для предотвращения снижения температуры сточных вод. Анализ современных подходов к созданию куполов над конструкциями аэротенков и других открытых сооружений КОС в России позволит принять меры для возможного использования таковых в данном регионе. Для более полного исследования возможностей повышения эффективности очистки сточных вод рассматриваемых КОС следует проводить гидробиологический анализ активного ила, который позволит оценивать видовое разнообразие микроорганизмов, определять проблемы биоценозов на станциях.

Важным направлением, на которое следует обратить внимание организациям, эксплуатирующим централизованные системы водоотведения – это контроль абонентов. В современном законодательстве предусмотрена система контроля качества сточной воды, сбрасываемой абонентами^{3,4}. Разработка перечня водоохраных мероприятий не может быть изолирована от оценки условий эксплуатации объекта и качества очистки сточных вод.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пупырев Е.И. Решение задач проектирования энергоэффективных сооружений очистки воды // Строительство и реконструкция. 2015. № 4 (60). С. 173–182. EDN: UAXPFV.
2. Мартынова Г.А., Туренко Ф.П. Физико-химическая очистка сточных вод в условиях Крайнего Севера // Экология и промышленность России. 2006. № 5. С. 33–35. EDN: JWMGHN.
3. Шинкарчук М.В. Доочистка сточных вод методом биофильтрации // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2014. № 3 (75). С. 34–36. EDN: RWCBZH.
4. Ершова И.Ю., Василевич Э.Э. Использование биотехнологий для снижения экологической нагрузки от промышленных зон // Градостроительство. Теория, практика, образование. Материалы IV Всеросс. науч.-практ. конф.: сб. науч. трудов (г. Иркутск, 08 апреля 2022 г.). Иркутск, 2022. С. 402–407. EDN: EYNJDY.
5. Кондакова Н.В. Влияние очистных сооружений сточных вод на окружающую среду в результате выброса вредных веществ в атмосферу // Инженерный вестник Дона. 2021. № 4 (76). С. 466–475. EDN: FBDWVF.
6. Дагаева Е.В., Кудашева Ф.Х. Эффективность очистки сточных вод, поступающих в малые реки Крайнего Севера // Вестник Башкирского университета. 2016. Т. 21. № 2. С. 325–330. EDN: WKVDEJ.
7. Васильев А.Л., Гусейнова С.М., Луков С.А., Боровкова Т.Л. Анализ эффективности биологической очистки городских сточных вод от соединений азота и фосфора // Приволжский научный журнал. 2024. № 1 (69). С. 70–77. EDN: QNQEIL.

³Постановление Правительства РФ от 22.05.2020 № 728 «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации»

⁴Постановление Правительства РФ от 22.05.2020 № 728 «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации»

8. Кругликова А.В., Амбросова Г.Т., Рафальская Т.А. Процессы тепломассообмена между сточной жидкостью и окружающей средой // Строительство и техногенная безопасность. 2021. № 23 (75). С. 59–66. EDN: AJOCEQ.
9. Кульков В.Н., Солопанов Е.Ю. Восстановление видового состава биоценоза аэрируемых сооружений после длительного простоя // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. № 1. С. 77–83. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-1-77-83>. EDN: INF DUR.
10. Василевич Э.Э., Коновалов Ю.А. Экономические стратегии в системах водопроводно-канализационного хозяйства // Современные проблемы земельно-имущественных отношений, урбанизации территории и формирования комфортной городской среды: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (г. Тюмень, 08–09 октября 2020 г.). Тюмень, 2021. С. 482–488. EDN: ATYXWT.
11. Геселько А.М., Ушакова И.Г. Учет особенностей суровых климатических условий Севера Сибири при проектировании систем водоснабжения и водоотведения // Каталог выпускных квалификационных работ ФГБОУ ВО Омский ГАУ: серия «Природообустройство и водопользование». Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2022. С. 73–80. EDN: OIBAUN.
12. Кунахович В.А. Станция биологической очистки бытовых сточных вод контейнерного типа для северных территорий // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2017. № 6 (114). С. 58–63. EDN: YSDVAD.
13. Ильинский В.В., Крамаренко Е.В., Макаревич Е.В. Оценка функциональной активности активного ила локально-очистного сооружения, действующего в условиях Арктического региона // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2017. Т. 20. № 1-2. С. 157–164. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2017-20-1/2-157-164>. EDN: ZCIONH.
14. Дягелев М.Ю. Повышение эффективности биологической очистки промышленных стоков в составе городских сточных вод // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 2. С. 96–103. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2023-2-096-103>. EDN: JMDSAX.
15. Василенко М.И., Гончарова Е.Н. Оценка токсичности водных сред, содержащих соли тяжелых металлов // Вода Magazine. 2016. № 11 (111). С. 30–32. EDN: XBJJRZ.
16. Овчинникова И.Н., Ларсен Е.И. Роль НДТ в химии окружающей среды (на примере сточных вод) // Фундаментальные и прикладные исследования: от теории к практике. Материалы II междунар. науч.-практ. конф., приуроченной ко Дню российской науки (г. Воронеж – Кызыл-Кия, 05–09 февраля 2018 г.). Воронеж, 2018. С. 235–245. EDN: YXLEIP.

REFERENCES

1. Pupyrev E.I. The Task of Designing Energy Efficient Buildings Water Treatment. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2015;4(60):173-182. (In Russ.). EDN: UAXPFV.
2. Martynova G.A., Tourenko P.P. Physical-Chemical Purification of Sewage in Conditions of Far North. *Ecology and Industry of Russia*. 2006;5:33-35. (In Russ.). EDN: JWMGHN.
3. Shinkarchuk M.V. Wastewater Post-Treatment by Biofiltration. *Vodoочистка. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*. 2014;3(75):34-36. (In Russ.). EDN: RWCBZH.
4. Ershova I.Yu., Vasilevich E.E. Using Biotechnology to Reduce Environmental Impacts from Industrial Zones. In: *Gradostroitel'stvo. Teoriya, praktika, obrazovanie. Materialy IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: sbornik nauchnykh trudov = Urban Development. Theory, Practice, Education. Proceedings of The IV All-Russian Scientific and Practical Conference: Collection of Scientific Papers*. 08 April 2022, Irkutsk. Irkutsk; 2022. p. 402–407. (In Russ.). EDN: EYNJDY.
5. Kondakova N.V. The Impact of Wastewater Treatment Plants On the Environment as A Result of the Release of Harmful Substances into The Atmosphere. *Engineering Journal of Don*. 2021;4(76):466-475. (In Russ.). EDN: FBDWVF.
6. Dagaeva E.V., Kudasheva F.H. Efficiency of Purification of Wastewater Discharged to Small Rivers of the Far North. *Vestnik Bashkirskogo universiteta*. 2016;21(2):325-330. (In Russ.). EDN: WKVDEJ.
7. Vasilev A.L., Guseynova S.M., Lukov S.A., Borovkova T.L. Analysis of the Effectiveness Ofbiological Treatment of Municipal Wastewater from Nitrogen and Phosphorus Compounds. *Privolzhsky Scientific Journal*. 2024;1(69):70-77. (In Russ.). EDN: QNQEIL.
8. Kругликова А.В., Амбросова Г.Т., Рафальская Т.А. Processes of Heat and Mass Transfer between the Liquid Waste and the Environment. *Construction and Industrial Safety*. 2021;23(75):59-66. (In Russ.). EDN: AJOCEQ.
9. Kulkov V.N., Solopanov E.Yu. Restoring Biocenotic Species Composition in Aerated Structures Following Prolonged Downtime. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2020;10(1):77-83. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-1-77-83>. EDN: INF DUR.
10. Vasilevich E.E., Konovalov Yu.A. Economic Strategies in Water Supply and Sewerage Systems. In: *Sovremennye problemy zemel'no-imushchestvennykh otnoshenii, urbanizatsii territorii i formirovaniya komfortnoi*

gorodskoi srede: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Modern Problems of Land and Property Relations, Urbanization of The Territory and The Formation of a Comfortable Urban Environment: a Collection of Articles from The International Scientific and Practical Conference. 08–09 October 2020, Tyumen. Tyumen; 2021. p. 482–488. (In Russ.). EDN: ATYXWT.

11. Geselko A.M., Ushakova I.G. Taking into Account the Features of Harsh Climatic Conditions the North of Siberia in The Design of Systems Water Supply and Sanitation. In: *Catalog of Final Qualification Works of FSBEI HE Omsk SAU: Series "Environmental Management and Water Use"*. Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2022. p. 73–80. (In Russ.). EDN: OIBAUN.

12. Kunahovich V.A. The Container Type's Station for Biological Treatment of Domestic Sewage for Northern Territories. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*. 2017;6(114):58-63. (In Russ.). EDN: YSDVAD.

13. Il'inskiy V.V., Kramarenko E.V., Makarevich E.V. Evaluation of the Functional Activity of Activated Sludge from Local Waste Water Treatment Plant in the Arctic Region. *Vestnik of MSTU. Scientific Journal of Murmansk State Technical University*. 2017;20(1-2):157-164. (In Russ.). <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2017-20-1/2-157-164>. EDN: ZCIONH.

14. Dyagelev M.Yu. Improving the Efficiency of Biological Treatment of Industrial Wastewater as Part of Urban Wastewater. *Theoretical and Applied Ecology*. 2023;2:96-103. (In Russ.). <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2023-2-096-103>. EDN: JMDSAX.

15. Vasilenko M.I., Goncharova E.N. Evaluation of The Toxicity of Aqueous Media Containing Salts of Heavy Metals. *Water Magazine*. 2016;11(111):30-32. (In Russ.). EDN: XBJJRZ.

16. Ovchinnikova I.N., Larsen E.I. The Role of BAT in Environmental Chemistry (Using Wastewater as an Example). In: *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya: ot teorii k praktike. Materialy II mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, priurochennoi ko Dnyu rossiiskoi nauki = Fundamental and Applied Research: From Theory to Practice. Proceedings of The II International Scientific and Practical Conference Dedicated to The Day of Russian Science*. 05–09 February 2018, Voronezh – Kyzyl-Kiya. Voronezh; 2018. p. 235–245. (In Russ.). EDN: YXLEIP.

Информация об авторах

Василевич Эльвира Эрнстовна,

к.т.н., доцент, доцент кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия, e-mail: elvira.vasilevich@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0001-7176-3185> Author ID: 329808

Лавыгина Ольга Леонидовна,

к.т.н., доцент, доцент кафедры городского строительства и хозяйства, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия, ✉e-mail: olgakot81@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-9558-5018> Author ID: 689382

Дударев Владимир Иванович,

д.т.н., профессор, профессор кафедры химии и биотехнологии им. В.В. Тугуриной, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия, e-mail: vdudarev@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-2378-7574> Author ID: 676659

Information about the authors

Elvira E. Vasilevich,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department Department of Engineering Communications and Life Support Systems, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia, e-mail: elvira.vasilevich@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0001-7176-3185> Author ID: 329808

Olga L. Lavygina,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Urban Construction and Economy, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia, ✉e-mail: olgakot81@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-9558-5018> Author ID: 689382

Vladimir I. Dudarev,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Chemistry and Biotechnology named after V.V. Tuturina, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia, e-mail: vdudarev@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-2378-7574> Author ID: 676659

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 16.08.2024.
одобрена после рецензирования 12.09.2024.
принята к публикации 16.09.2024.

Information about the article

The article was submitted 16.08.2024.
Approved after reviewing 12.09.2024.
Accepted for publication 16.09.2024.