



Опыт использования микробиологического препарата для интенсификации седиментационной способности активного ила

И. Б. Оглоблин¹, Э.Э. Василевич^{2✉}, Т.П. Тангатова³, В.И. Дударев⁴

¹Муниципальное унитарное предприятие «Водоканал», Иркутск, Россия

^{2,3,4}Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

Аннотация. Целью данной работы является оценка эффективности применения биопрепарата для интенсификации седиментационных свойств активного ила в блоке биологической очистки на действующих очистных сооружениях. Оценка различных методов улучшения свойств осаждения ила необходима преимущественно для оптимизации технологического процесса очистки сточных вод на канализационных очистных сооружениях. Рассмотрены особенности работы канализационных очистных сооружений в условиях неравномерного притока сточных вод. Описаны результаты экспериментов по применению живого микробиологического препарата и подбору его дозы для улучшения седиментационных качеств активного ила и уменьшению количества выносимого ила из вторичных отстойников. Анализ работы биопрепарата проводился на базе лаборатории с использованием комплекта методик по гидрохимическому контролю активного ила, а также с помощью гидробиологического контроля биоценоза активного ила. Для оценки эффективности биопрепарата также учитывался опыт использования других методов для интенсификации свойств осаждения активного ила, применяемых на очистных сооружениях. Проведенные эксперименты показали высокую эффективность работы отечественного биопрепарата по отношению к другим применяемым на очистных сооружениях методам. Результаты могут быть полезны администрации, технологам и операторам как новых, введенных в работу, так и канализационных очистных сооружений разной мощности, ожидающих реконструкцию.

Ключевые слова: очистка сточных вод, биологическая очистка, микробиологический препарат, седиментационные свойства, снижение взвешенных веществ, бытовые сточные воды

Для цитирования: Оглоблин И.Б., Василевич Е.Е., Тангатова Т.П., Дударев В.И. Опыт использования микробиологического препарата для интенсификации седиментационной способности активного ила // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2026. Т. 16. № 1. С. 147-158. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2026-1-147-158>. EDN: RREUYX.

Благодарности: коллектив авторов выражает признательность Граф Ю.А., главному технологу канализационных очистных сооружений МУП «Водоканал» за помощь в постановке эксперимента и профессиональные консультации.

Original article

Experience of using a microbiological preparation to intensify the sedimentation capacity of activated sludge

Ilya B. Ogloblin¹, Elvira E. Vasilevich^{2✉},
Tuyana P. Tangatova³, Vladimir I. Dudarev⁴

¹Vodokanal Municipal Unitary Enterprise in Irkutsk, Russia

^{2,3,4}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. The purpose of this work is to evaluate the effectiveness of using a biopreparation to intensify the sedimentation properties of activated sludge in a biological treatment unit at existing wastewater treatment plants. Evaluation of various methods for improving sludge deposition properties is mainly necessary to optimize the technological process of wastewater treatment at sewage treatment plants. The

© Оглоблин И.Б., Василевич Е.Е., Тангатова Т.П., Дударев В.И., 2026

features of the operation of sewage treatment plants in conditions of uneven inflow of wastewater are considered. The results of experiments on the use of a live microbiological preparation and the selection of its dose to improve the sedimentation qualities of activated sludge and reduce the amount of sludge removed from secondary settling tanks are described. The analysis of the biopreparation was carried out on the basis of a laboratory using a set of methods for the hydrochemical control of activated sludge, as well as using hydrobiological control of the biocenosis of activated sludge. To assess the effectiveness of the biopreparation, the experience of using other methods to intensify the deposition properties of activated sludge used in wastewater treatment plants was also taken into account. The conducted experiments have shown the high efficiency of the domestic biological product in relation to other methods used in wastewater treatment plants. The results may be useful to the administration, technologists, and operators of both new, commissioned, and sewage treatment plants of varying capacities awaiting reconstruction.

Keywords: wastewater treatment, biological treatment, microbiological preparation, sedimentation properties, reduction of suspended solids, domestic wastewater

For citation: Ogloblin I.B., Vasilevich E.E., Tangatova T.P., Dudarev V.I. Experience of using a microbiological preparation to intensify the sedimentation capacity of activated sludge. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2026;16(1):147-158. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2026-1-147-158>. EDN: RREUYX.

Acknowledgements: the team of authors expresses gratitude to Yu.A. Graf, Chief Technologist of the Sewage Treatment Facilities of Municipal Unitary Enterprise «Vodokanal», for assistance in setting up the experiment and for professional consultations.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы на левобережных канализационных очистных сооружениях (ЛКОС) г. Иркутска возникла проблема с неравномерностью притока сточных вод. Объем потребления воды сильно разнится из года в год, на что влияли период самоизоляции, постепенное внедрение водоизмерительных приборов для каждого отдельного потребителя и, конечно же, возрастание количества жителей города за счет застраивания новых территорий жилыми комплексами. Результатом являются высокие нагрузки, которые чередуются резкими провалами поступления сточных вод. Более того, данная неравномерность имеет также и сезонность, что еще больше усложняет эксплуатацию очистных сооружений.

К примеру, за один час расход сточных вод на линию очистки может резко колебаться с 1200 до 9800 м³/ч.

В результате таких скачков начинается резкий вынос активного ила из вторичных отстойников, что влечет за собой ряд дальнейших сбоев в технологическом процессе. Основной сбой начинается в блоке биологической очистки, который представляет собой четыре классических двухкоридорных аэротенка смесителя-вытеснителя с регенератором, за которыми следуют восемь горизонтальных вторичных отстойников.

За счет неконтролируемого выноса снижается возраст активного ила, следовательно,

снижается качество очистки сточных вод, поступающих в блок биологической очистки.

Для устранения проблемы неравномерности притока сточных вод и регулировки на трубопроводах и канализационных насосных станциях, подающих сточные воды на очистные сооружения, требуется много усилий и времени.

Необходима реконструкция на всех этапах, которые связаны с поступлением сточных вод на очистные сооружения [1].

Стоит также отметить, что для очистных сооружений, которые принимают достаточно большой суточный объем сточных вод на очистку, не предусматриваются усреднители. На ближайшие годы запланирована полная поэтапная реконструкция сооружений, но до пуска новых сооружений требуется поддержание показателей сброса в норме.

Для эксперимента была выбрана линия очистки, введенная в эксплуатацию в 1965 г. в виде здания решет и песколовок, в дальнейшем достроенная до полноценной линии очистки сточных вод с блоком механической и биологической очистки, а также с блоком доочистки сточных вод.

Данная линия принимает в сутки на очистку от 89 000 до 140 000 м³ сточных вод, в зависимости от сезона.

Резервные сооружения отсутствуют, поэтому нет возможности использовать что-то в качестве усреднителей.

Очистка сточных вод должна осуществляться непрерывно, а качество очищенных сточных вод должно находиться в рамках, установленных законом [2–5].

Как было отмечено выше, за счет неконтролируемого выноса активного ила из вторичных отстойников происходит снижение возраста активного ила. Молодой активный ил (2–3 суток) все же способен быстро извлекать загрязняющие вещества, но имеет недостаточные свойства осаждения, а в условиях выноса – это крайне критично, так как впоследствии такой режим работы приводит к полной потере массы активного ила в аэротенках [1]. По составу сточные воды, приходящие на левобережные очистные сооружения, не являются только бытовыми. В их состав входит большое количество загрязнений от предприятий, расположенных на левом берегу г. Иркутска, что ставит технологическую необходимость в увеличении возраста ила и его массы. Состав сточных вод резко менялся весь период эксплуатации канализационных очистных сооружений, соответственно технологический регламент, разработанный для них, не является актуальным, так как состав загрязнений увеличился для некоторых показателей почти в десять раз. Для улучшения качества очистки сточных вод, после проведения некоторых расчетов и экспериментальных работ, были проделаны следующие изменения в технологическом процессе при эксплуатации блока биологической очистки. Полностью убраны регенераторы (так как появилась необходимость в повышении продолжительности периода аэрации, а именно использовать максимально возможный период – 4 ч), повышена интенсивность аэрации, контроль растворенного кислорода переведен с лабораторного метода на приборный для получения более точных показателей, заменены трубопроводы на эрлифтных установках и увеличен размер и количество отверстий в форсунке эрлифтной установки, установлены дозы ила по весу в аэротенках в пределах от 3,5 до 5,5 г/дм³, установлены дозы ила по весу для возвратного ила в пределах от 7 до 13 г/дм³, установлены дозы ила по объему в аэротенках в пределах от 350 до 700 см³/дм³, настроены показатель илового индекса для активного ила в аэротенках в пределах от 60 до 110 см³/г, а также концентрация растворенного кислорода в пределах от 3,5 до 8 мг/дм³. Основными лимитирующими факторами при данных настройках стали вторичные отстойники, блок воздуходувной станции и система аэрации. Блок воздуходувной станции состоит из шести агрегатов типа ТВ-175 советского производства, из которых в постоянной

работе используются поочередно только три. Еще на этапе постройки был выявлен недостаток количества подаваемого воздуха, что отражено в технологическом регламенте. На данный момент не хватает порядка 3500 м³ подаваемого на аэротенки воздуха. Система аэрации на всех аэротенках с годами изменена с пристенной на придонную мелкопузырчатую трубчатого типа. В настоящее время из-за износа системы аэрации становится трудно регулировать подачу воздуха в аэротенки.

Вторичных отстойников на станции не хватает, к тому же они имеют конструктивный недостаток, который выражен зоной застоя (прямо́к расположен не в конце отстойника, а за четыре метра до стенки), также из-за большого износа оборудования имеется сложность в регулировании скорости движения илоскребов и их перемещения в целом. Также имеет место износ переливных кромок вторичных отстойников, что вызывает неравномерность перелива осветленных сточных вод и снижение эффективности работы отдельных отстойников до 40–50 %. Поэтому важными параметрами при оптимизации работы вторичных отстойников стали скорость отгрузки ила и скорость оседания ила во вторичном отстойнике. Скорость отгрузки удалось увеличить, а скорость оседания стала большой проблемой.

МЕТОДЫ

Для улучшения скорости оседания ила на ЛКОС используется несколько методов: известкование, мутагенная обработка, перекачивание активного или возвратного ила из одного аэротенка в другой и добавление биопрепарата.

Метод известкования довольно распространенный и относительно легкий [6]. Известь гасится в определенных пропорциях, затем известковое молоко приливается в начало аэротенка.

Поскольку полноценной методики известкования на данный момент не имеется, экспериментальным методом авторами была установлена необходимая концентрация извести в зависимости от гидрохимических показателей активного ила.

Так, если прилить известковое молоко, введенное в концентрациях для показателей взрослого минерализованного ила с большим объемом и низким иловым индексом в аэротенк с относительно молодым активным илом с низкими показателями по массе и объему и высоким иловым индексом, то известь сожжет активный ил (активный ил приобретет светло-коричневый цвет, а его структура во вторичном отстойнике и аэротенке будет похожа на большое количество слеplенных между собой

хлопков ила, пропадет однородность и ил будет диспергироваться). Поэтому данный метод требует некоторой подготовки перед его внедрением в технологический процесс. Данный метод позволяет снизить pH в аэротенке, снизить количество нитчатых и серобактерий в составе биоценоза, а также стимулировать третий трофический уровень в составе биоценоза активного ила. Недостатком данного метода является его долгосрочность и легкая обратимость, поэтому данный метод используется для поддержания достигнутых положительных результатов для блока биологической очистки сточных вод.

Возможен метод с использованием электрогидродинамических установок, не нашедший широкого применения [7].

Метод мутагенной обработки активного ила также является достаточно простым, но требует наличие достаточного количества возвратного ила [8]. Это эффективный метод управления мутационной изменчивости у бактерий активного ила. Посредством стрессового воздействия на генетический аппарат гетеротрофной микрофлоры создаются новые модификации бактериальных популяций. Такие популяции приобретают свойства конкурентно подавлять развитие патогенных и нитчатых бактерий. Важно помнить, что концентрация обработки ила должна быть очень мала, иначе мутаген начинает работать как токсикант и эффекта селекции не будет наблюдаться. Сложности данного метода вызывают необходимость наличия лабораторного помещения для точного концентрирования мутагенов и приобретение компонентов для проведения данного метода.

Метод перекачивания активного ила является также достаточно простым и доступным методом [9–11].

Для проведения перекачки необходимо иметь один исправно работающий аэротенк и вторичный отстойник.

Как правило, при проектировании очистных сооружений предусматривается реализация данного метода либо через насосную станцию, либо через трубопровод возвратного ила (если для возвратного ила используются эрлифтные установки).

В силу износа оборудования используется переносное насосное оборудование, которое устанавливается в камеру избыточного ила или в один из коридоров аэротенка, в зависимости от возможности реализации метода перекачки в определенный момент времени. Аэротенк, который используется в качестве донора ила, предварительно подготавливается к

перекачке: увеличивается возраст активного ила, степень минерализации, доза ила по массе и снижается иловый индекс до максимально возможных показателей, а после осуществляется перекачка ила в другой аэротенк для ускорения процесса его восстановления после технологического сбоя или после затяжного ремонта.

Недостатком данного метода, в конкретном рассматриваемом случае, является большая зависимость от насосного оборудования и необходимость подготовки аэротенка к перекачке, что может быть достаточно трудно реализуемо, если технологический сбой произойдет на всем блоке биологической очистки.

Вариант использования стимуляторов является одним из перспективных методов интенсификации биохимической очистки, приоритет отдается именно биопрепаратам, спектр которых сегодня обширен, культивирование их биоценозов направлено на целый спектр проблем [12–15].

Применение препарата «AQUA-EM-1» на очистных сооружениях левого берега г. Иркутска началось с третьего квартала 2023 г. На фоне вышеописанных методов – добавление биопрепарата является самым простым и доступным способом стабилизации технологического процесса очистки сточных вод.

Биопрепарат достаточно просто залить в необходимую точку блока биологической очистки. Но до введения данного метода в технологический процесс необходимо было подобрать концентрацию и продолжительность добавления препарата.

Так как представляемый производителем опыт использования биопрепарата на очистных сооружениях в основном описывал применения на небольших (с суточным поступлением сточных вод на очистку объемом до 40 000 м³) очистных сооружениях. Биопрепарат, по заявлению производителя, является отечественным, но произведен на основе опыта японских технологий и нашел сегодня широкое применение в агротехнике и коммунальном хозяйстве [16].

Изначально предполагалось использовать биопрепарат только на вторичных отстойниках, но в последствии экспериментальными введениями в различные точки блоков очистки выяснилось, что биопрепарат имеет больший функционал.

Принцип действия биопрепарата, как заявил производитель, состоит в вытеснении микроорганизмами биопрепарата патогенных микроорганизмов и перевод в безопасное состояние вредных веществ.

В результате должны улучшаться процессы нитрификации, седиментационные свойства активного ила, устранятся неприятные запахи и повышаться качество очистки сточных вод.

Параллельно также запускаются процессы по связыванию тяжелых металлов в устойчивые нетоксичные комплексы. Фасовка от производителя производится в тару по 10 л. Биопрепарат добавляли в начало первого коридора аэротенков.

Первый эксперимент заключался в добавлении в каждый аэротенк по 10 л два раза за день в течении пяти дней.

При объеме одного аэротенка 6100 м³, такое количество биопрепарата дало видимый результат, но по лабораторным анализам значимых изменений не наблюдалось: процесс нитрификации не усилился, уровень загрязнений оставался в пределах, фиксированных до добавления препарата.

Тем не менее, седиментационные свойства активного ила явно улучшились и вынос уже был меньше.

При дальнейших экспериментах увеличивалась доза биопрепарата, добавляемого в аэротенк: 30 л в день в течении пяти дней, 40 л в день в течении пяти дней. Но как показала практика, увеличение дозы биопрепарата приводило к плохим последствиям для биоценоза активного ила и его общего состояния.

Сильно увеличивалась степень минерализации, биоценоз практически полностью состоял из организмов третьего трофического уровня [17], а количество ила стало слишком велико до такой степени, что вторичные отстойники заполнились избыточным илом.

При проведении экспериментов три аэротенка отличались по свойствам: по объему активного ила, его массе, видовому составу биоценоза и по индексу. Было принято решение оставить количество добавляемого биопрепарата в аэротенки в пределах 20 л в день. Продолжительность добавления зависит от первоначального состояния аэротенка, например, если в аэротенке у активного ила высокий иловый индекс и низкая доза ила по весу, необходимо добавление препарата от семи дней, с учетом небольших колебаний в качественном составе поступающих сточных вод.

Для активного ила с возрастом 8–10 суток и показателями, соответствующими выставленному технологическому процессу в целях поддержки работы активного ила, а также улучшения видового состава биоценоза, может быть достаточно четырех дней добавления биопрепарата.

В дальнейшем для поддержания полученного положительного результата параллельно

с добавлением биопрепарата периодически производили известкование. Спустя продолжительное время удалось стабилизировать работу блока биологической очистки при применении биопрепарата.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные гидрохимических и гидробиологических показателей в блоке биологической очистки получены аккредитованной Центральной аналитической лабораторией контроля качества воды на базе МУП «Водоканал» г. Иркутска. Анализ подверглись данные лабораторных показателей в период с 4 квартала 2023 г. по 2 квартал 2024 г. включительно. Фиксировались показатели в нескольких точках пробоотбора. Для удобства в таблицах используются сокращения названия точек отбора: ВХ – точка отбора в здании решет, ПО – точка отбора после первичных отстойников, 2АЭ, 3АЭ, 4АЭ – точка отбора из второго, третьего и четвертого аэротенков соответственно, 3В, 4В, 5В, 6В, 7В, 8В – точка отбора из третьего, четвертого, пятого, шестого, седьмого и восьмого вторичных отстойников, ВО – точка отбора в сборном канале вторичных отстойников, ВС – точка отбора проб из выпуска сточных вод в водоем.

В 4 квартале 2023 г. идет подготовка к применению биопрепарата: изучается документация и заказывается партия биопрепарата, выполняется ремонт отдельного оборудования.

Для стабилизации работы одного аэротенка (износ системы аэрации) применяется метод известкования. В табл. 1. и табл. 2. представлены данные анализов сточных вод проб на различных точках очистных сооружений. По представленным выше данным, очистка сточных вод была заторможена из-за сбоев. Процессы нитрификации остановились.

Третий аэротенк на момент 9 января 2024 г. состоял только из молодого активного ила.

На вторичных отстойниках третьего аэротенка (пятый и шестой вторичные отстойники) регистрировался сильный вынос возвратного ила. Конец января отмечен был неравномерным притоком сточных вод на очистные сооружения, в результате чего эрлифтные установки в ночное время во время минимального притока сточных вод успевали наполовину опорожнить шестой и седьмой вторичные отстойники. С восстановлением притока сточных вод провоцировался резкий вынос возвратного ила со вторичных отстойников. Первоначально было принято решение увеличить возраст активного ила всех работающих аэротенков, чтобы активный ил смог справляться с большим количеством загрязнений, приходящих на очистку, и повысил свой вес для предотвращения выноса.

Таблица 1. Результаты гидрохимического анализа активного и возвратного ила на очистных сооружениях 9 января 2024 г.

Table 1. Results of hydrochemical analysis of activated and return sludge at wastewater treatment plants on January 9, 2024

Точки отбора	Температура жидкости, °С	Доза ила по объему, см ³ /дм ³	Количество растворенного кислорода мг/дм ³	pH	Доза ила по объему возвратного ила, см ³ /дм ³	Доза ила по весу возвратного ила, г/дм ³	Иловый индекс возвратного ила, см ³ /г
2АЭ	17,1	370	6,9	6,72	780	9,238	84
3АЭ	18,2	220	5,6	7,38	750	2,023	371
4АЭ	18,3	620	4,1	6,9	990	13,011	76

Таблица 2. Результаты химического анализа отобранных проб на канализационных очистных сооружениях 9 января 2024 г.

Table 2. The results of the chemical analysis of the samples taken at sewage treatment plants on January 9, 2024

Точки отбора	Взвешенные вещества, мг/дм ³	ХПК, мгО ₂ /дм ³	Аммоний-ион NH ₄ , мг/дм ³	Нитрит-ион NO ₂ , мг/дм ³	Нитрат – ион NO ₃ , мг/дм ³	Фосфат-ион PO ₄ , мг/дм ³
ВХ	363	862	85,15	0,22	0,389	8,52
ПО	293	285	77,27	0,171	0,447	9,3
ВО	178	199	71,91	0,663	8,253	9,97
ВС	132	180	69,23	0,812	6,648	9,73

Повысить вес и возраст активного ила удалось уже к концу января 2024 г., но из-за сбоев воздухоподводящего оборудования произошел крупный вынос взрослого тяжелого возвратного ила, который подвергся активным процессам денитрификации во вторичных отстойниках.

Нормализация технологического процесса для начала применения биопрепарата была достигнута в апреле 2024 г. Применение биопрепарата начато с 19 апреля 2024 г. Данные

химических показателей до применения и после пятидневного применения представлены в табл. 3. и табл. 4.

Гидрохимические показатели активного и возвратного ила дополнительно регистрировались 22 апреля 2024 г. и 25 апреля 2024 г. Три недели шло увеличение веса активного ила без изменения илового индекса. При продолжении добавки биопрепарата лабораторный контроль показал значительные изменения. Основные показатели отражены в табл. 5.

Таблица 3. Результаты химического анализа отобранных проб на канализационных очистных сооружениях 19 апреля 2024 г.

Table 3. Results of chemical analysis of samples taken at sewage treatment plants on April 19, 2024

Точки отбора	Температура жидкости, °С	Доза ила по объему, см ³ /дм ³	Количество растворенного кислорода мг/дм ³	ХПК, мгО ₂ /дм ³	Аммоний-ион NH ₄ , мг/дм ³	Нитрит-ион NO ₂ , мг/дм ³	Нитрат – ион NO ₃ , мг/дм ³	Фосфат-ион PO ₄ , мг/дм ³
ВХ	–	–	–	522	88,52	0,174	0,384	9,79
2АЭ	18,0	100	4,8	–	–	–	–	–
3АЭ	18,0	420	4,5	–	–	–	–	–
4АЭ	17,8	810	1,0	–	–	–	–	–
ВС	–	–	–	453	63,18	1,755	18,422	10,46

Таблица 4. Результаты химического анализа отобранных проб на канализационных очистных сооружениях 24 апреля 2024 г.

Table 4. Results of chemical analysis of selected samples at sewage treatment plants on April 24, 2024

Точки отбора	Температура жидкости, °C	Доза ила по объему, см ³ /дм ³	Количество растворенного кислорода мг/дм ³	ХПК, мгО ₂ /дм ³	Аммоний-ион NH ₄ , мг/дм ³	Нитрит-ион NO ₂ , мг/дм ³	Нитрат – ион NO ₃ , мг/дм ³	Фосфат-ион PO ₄ , мг/дм ³
ВХ	–	–	–	504	97,16	0,285	0,524	12,01
ПО	–	–	–	808	83,39	0,217	0,836	9,33
2АЭ	18,3	140	3,1	–	–	–	–	–
3АЭ	18,2	500	4,5	–	–	–	–	–
4АЭ	18	730	2,4	–	–	–	–	–
ВО	–	–	–	181	8,03	1,783	32,745	8,5
ВС	–	–	–	255	30,98	1,488	27,333	6,11

Таблица 5. Результаты химического анализа отобранных проб на канализационных очистных сооружениях 27 апреля 2024 г.

Table 5. The results of the chemical analysis of the samples taken at sewage treatment plants on April 27, 2024

Точки отбора	pH	Доза ила по объему, см ³ /дм ³	Количество растворенного кислорода мг/дм ³	ХПК, мгО ₂ /дм ³	Аммоний-ион NH ₄ , мг/дм ³	Нитрит-ион NO ₂ , мг/дм ³	Нитрат – ион NO ₃ , мг/дм ³	Фосфат-ион PO ₄ , мг/дм ³
ВХ	–	–	–	409	43,99	0,301	0,62	11,61
2АЭ	6,9	180	2,4	72,6	10,86	3,723	132,62	6,48
3АЭ	6,74	420	5,6	27,1	21,18	1,124	58,27	8,14
4АЭ	6,78	750	0,8	22,1	8,03	0,985	62,32	6,22
3В	–	–	–	31,8	4,59	2,132	117,32	10,03
4В	–	–	–	48,7	7,14	2,784	110,25	7,49
5В	–	–	–	37,2	15,43	0,522	56,12	7,18
6В	–	–	–	26,3	18,25	2,012	59,23	8,95
7В	–	–	–	16,7	5,93	0,485	58,17	6,22
8В	–	–	–	11,3	5,18	0,237	52,32	8,13
ВС	–	–	–	88,8	7,65	1,436	20,12	9,54

Следующее добавление биопрепарата проводилось в период со 2 по 6 мая 2024 г. Ставилась задача остановить вынос ила со вторичных отстойников 3 и 4 аэротенков.

Остановить вынос удалось, в вышеуказанный период проводился гидрохимический контроль показателей активного и возвратного ила для блока биологической очистки, результаты отражены в табл. 6. Полученные данные показывают, что с помощью биопрепарата можно набрать массу и снизить иловый индекс, что позволяет снизить вынос ила из вторичных

отстойников и поддерживать очистку сточных вод в рамках заданного технологического режима. В дальнейшем полученные характеристики 6 мая 2024 г. поддерживались для очистки сточных вод, биопрепарат применяли с определенной периодичностью: пять дней подливали биопрепарат в рабочие аэротенки и четыре дня аэротенки работали без добавления биопрепарата. Таким образом удалось достичь стабильных результатов (табл. 7. и табл. 8.) до момента, когда закончилась партия биопрепарата.

Таблица 6. Сравнение гидрохимических показателей активного и возвратного ила после применения биопрепарата.

Table 6. Comparison of hydrochemical parameters of active and return sludge after application of the biological product

	Сравнение показаний для второго аэротенка		Сравнение показаний для третьего аэротенка		Сравнение показаний для четвертого аэротенка	
Дата	02.05.2024	06.05.2024	02.05.2024	06.05.2024	02.05.2024	06.05.2024
Гидрохимические показатели						
Доза ила по объему, см ³ /дм ³	100	80	80	120	850	840
Доза ила по весу активного ила, г/дм ³	0,908	1,691	0,534	1,104	6,938	7,598
Иловый индекс, см ³ /г	110	47	150	109	123	111
Доза ила по объему возвратного ила, см ³ /дм ³	230	230	90	810	950	970
Доза ила по весу возвратного ила, г/дм ³	5,043	5,261	0,606	5,127	9,829	17,413
Иловый индекс возвратного ила, см ³ /г	46	44	149	158	97	56

Таблица 7. Результаты гидрохимического анализа активного и возвратного ила на очистных сооружениях 20 мая 2024 г.

Table 7. Results of hydrochemical analysis of activated and return sludge at wastewater treatment plants on May 20, 2024

Точки отбора	Доза ила по объему, см ³ /дм ³	Доза ила по весу активного ила, г/дм ³	Иловый индекс, см ³ /г	Доза ила по объему возвратного ила, см ³ /дм ³	Доза ила по весу возвратного ила, г/дм ³	Иловый индекс возвратного ила, см ³ /г	Количество растворенного кислорода мг/дм ³
2АЭ	100	1,750	57	60	0,844	59	5,3
3АЭ	280	2,436	115	530	3,125	202	7,0
4АЭ	380	4,781	79	570	6,404	89	1,2

Данные табл. 8 показывают, что вторичное загрязнение частично осталось, но поставленная задача была выполнена – вынос ила из вторичных отстойников для улучшения качества очистки сточных вод остановлен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований на данный момент используются технологами

очистных сооружений г. Иркутска при пусконаладке очистных сооружений и выстраивания режима работы очистных сооружений.

Добавление биопрепарата «AQUA-ЕМ-1» в аэротенки позволяет улучшить седиментационные свойства активного ила, увеличить его массу. Предотвращает вынос ила из вторичных отстойников. Для получения более точного

представления о действии препарата необходимо провести дополнительные эксперименты – попробовать иные точки добавления биопре-

парата в блоке биологической очистки, попробовать добавить биопрепарат до блока биологической очистки в блок механической очистки.

Таблица 8. Результаты химического анализа отобранных проб на канализационных очистных сооружениях 20 мая 2024 г.

Table 8. Results of chemical analysis of samples taken at sewage treatment plants on May 20, 2024

Точки отбора	pH	ХПК, мгО ₂ /дм ³	Аммоний-ион NH ₄ , мг/дм ³	Нитрит-ион NO ₂ , мг/дм ³	Нитрат – ион NO ₃ , мг/дм ³	Фосфат- ион PO ₄ , мг/дм ³
ВХ	–	896	25,25	0,227	0,68	7,43
2АЭ	6,92	54	5,14	3,522	112,36	6,63
3АЭ	7,12	33,5	3,85	0,328	52,17	7,18
4АЭ	6,89	33,2	3,94	0,252	42,53	7,42
3В	–	78,2	6,22	1,836	127,43	5,84
4В	–	38	4,58	2,124	119,24	6,44
5В	–	24,7	3,65	0,644	68,19	8,52
6В	–	24,4	3,97	0,425	69,92	8,81
7В	–	21,6	5,28	0,122	56,57	6,97
8В	–	18,1	4,44	0,184	57,24	7,18
ВО	–	70,4	3,06	0,183	75,4	8,12
ВС	–	201	4,21	1,632	38,08	9,52

Также необходимо увеличить контроль за работой биопрепарата в период проведения экспериментов по его добавлению – необходимо произвести анализ скорости оседания ила, дополнительно контролировать взвешенные вещества на точке отбора в лотке после вторичных отстойников. Необходимо произвести детальный гидробиологический анализ изменений биоценоза активного ила при исполь-

зовании биопрепарата. Необходимо произвести отдельные эксперименты по выявлению активации или деактивации процессов нитрификации и денитрификации при добавлении биопрепарата. Необходимо провести анализ работы биопрепарата на сооружениях типа нитри-денитрификатор, чтобы определить степень его возможности применения на очистных сооружениях разного типа.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: АКВАРОС, 2003. 512 с. EDN: QNKNHB.
2. Харькина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод. Волгоград: Панорама, 2015. 433 с.
3. Мишуков Б.Г., Игнатчик С.Ю., Игнатчик В.С. Очистка городских сточных вод. СПб: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. 196 с.
4. Гарапшин Д.Д., Федоров Г.Ю. Анализ качественного и количественного состава сточных вод предприятия МУП Водоканал // Вестник магистратуры. 2016. № 4-1. С. 53–54. EDN: VTNSBH.
5. Павский В.А., Сколупович В.Ю., Краснова Т.А. Моделирование процесса очистки природных и сточных вод: монография. Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 2005. 144 с.
6. Соловьева Е.А., Бабенко А.С. Очистка городских сточных вод, обработка и биологическая трансформация осадка. Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2019. 141 с.
7. Фридланд С.В., Галанцева Л.Ф., Нуруллин А.А. Применение известкового метода для очистки сточных вод от соединений фосфора // Природообустройство. 2009. № 5. С. 44–47. EDN: KZTJNX.
8. Гришин Б.М., Андреев С.Ю., Бикунова М.В., Титов Е.А., Кочергин А.С. Совершенствование работы сооружений биологической очистки сточных вод с использованием электрогидродинамических установок. Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2013. 128 с. EDN: TMXQNN.
9. Рязанова М.Ю., Юхневич Г.Г. Применение химического мутагенеза для интенсификации работы очистных сооружений // Научные стремления. 2013. № 7. С. 86–89. EDN: UBHWJZ.

10. Харьковина О.В., Шотина К.В. Исследование работы аэротенков нитри-денитрификации с повышенными дозами активного ила // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 10-1. С. 42–47. EDN: MVRETL.
11. Захватаева Н.В., Шеломков А.С. Активный ил как управляемая экологическая система. М.: Экспо-Медиа-Пресс, 2013. 285 с.
12. Иванов А.А., Матросова Л.Е., Трemasов М.Я. Биопрепарат для обезвреживания и очистки сточных вод // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 3. С. 83–84. EDN: OWQAMF.
13. Чачина С.Б., Болтунова С.В., Черкашина С.В. Деструкция углеводородов нефти с использованием микробиологических препаратов «Байкал-Эм», «Тамир», «Восток» // Омский научный вестник. 2015. № 1. С. 221–225. EDN: UCRFGT.
14. Allahverdiev S.R., Eroshenko V.I., Budnichenko A.V. Cleaning Application of Microbiological Preparation Ecobacter for of Effluents and Punching of Silt Precipitations // Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft. 2021. Vol. 4-2. P. 4–5. <https://doi.org/10.24412/2701-8377-2021-4-2-4-5>. EDN: OALLZC.
15. Василевич Э.Э., Тангатова Т.П. Перспективы восстановления биоценоза очистных сооружений // Инвестиции. Строительство. Недвижимость: новые технологии и целевые приоритеты развития–2023. Материалы V Международной научно-практической конференции (г. Иркутск, 27 апреля 2023 г.). Иркутск, 2023. С. 86–93. EDN: FUFQYQ.
16. Гудилина И. Роль «хищников» третьего трофического уровня в экосистеме активного ила // Номитек. Технические решения для промышленности. 2014. Режим доступа: https://nomitech.ru/articles-and-blog/rol_khishchnikov_tretego_troficheskogo_urovnya_v_ekosisteme_aktivnogo_ila/?ysclid=mj29jhubej458434139 (дата обращения 20.04.2025).

REFERENCES

1. Zhmur N.S. *Technological and Biochemical Processes Of Wastewater Treatment at Facilities with Aeration Tanks*. Moscow: AQUAROS, 2003. 512 p. (In Russ.). EDN: QNKHBB.
2. Kharkina O.V. *Efficient Operation and Calculation of Biological Wastewater Treatment Facilities*. Volgograd: Panorama, 2015. 433 p. (In Russ.).
3. Mishukov B.G., Ignatchik S.YU., Ignatchik V.S. *Municipal Wastewater Treatment*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2014. 196 p. (In Russ.).
4. Garapshin D.D., Fedorov G.Yu. Analysis of the Qualitative and Quantitative Composition of Wastewater from the MUP Vodokanal Enterprise. *Vestnik magistratury*. 2016;4-1:53-54. (In Russ.). EDN: VTNSBH.
5. Pavskii V.A., Skolubovich V.Yu., Krasnova T.A. *Modeling of the Process of Purification of Natural and Waste Waters: Monograph*. Novosibirsk: Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 2005. 144 p. (In Russ.).
6. Soloveva E.A., Babenko A.S. *Municipal Wastewater Treatment, Sludge Treatment and Biological Transformation*. Tomsk: Tomsk State University Publishing House, 2019. 141 p. (In Russ.).
7. Fridland S.V., Galantseva L.F., Nurullin A.A. Application of the Lime Method for Waste Water Treatment from Phosphor Compounds. *Environmental Engineering*. 2009;5:44-47. (In Russ.). EDN: KZTJNX.
8. Grishin B.M., Andreev S.Yu., Bikunova M.V., Titov E.A., Kochergin A.S. *Improving the Operation of Biological Wastewater Treatment Facilities Using Electrohydrodynamic Units*. Penza: Penza State University of Architecture and Construction, 2013. 128 p. (In Russ.). EDN: TMXQHH.
9. Ryazanova M.Yu., Yukhnevich G.G. The Use of Chemical Mutagenesis Techniques for Intensifying the Work of Biological Treatment Plants of Urban Waste Water. *Scientific Aspirations*. 2013;7:86-89. (In Russ.). EDN: UBHWJZ.
10. Kharkina O.V., Shotina K.V. Study of the Operation of Nitri-Denitrification Aeration Tanks with Increased Doses of Activated Sludge. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2010;10-1:42-47. (In Russ.). EDN: MVRETL.
11. Zakhvataeva N.V., Shelomkov A.S. *Activated Sludge as a Controlled Ecological System*. Moscow: Expo-Media-Press, 2013. 285 p. (In Russ.).
12. Ivanov A.A., Matrosova L.E., Tremasov M.Ja. Biopreparation for Decontamination and Purification of Sewage. *Achievements of Science and Technology of AICis*. 2012;3:83-84. (In Russ.). EDN: OWQAMF.
13. Chachina S.B., Boltunova S.V., Cherkashina N.V. Degradation of Petroleum Hydrocarbons Using Microbial Preparations Baikal-Em, Tamiir, East. *Omsk Scientific Bulletin*. 2015;1:221-225. (In Russ.). EDN: UCRFGT.
14. Allahverdiev S.R., Eroshenko V.I., Budnichenko A.V. Cleaning Application of Microbiological Preparation Ecobacter for of Effluents and Punching of Silt Precipitations. *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*. 2021;4-2:4-5. <https://doi.org/10.24412/2701-8377-2021-4-2-4-5>. EDN: OALLZC.
15. Vasilevich E.E., Tangatova T.P. Prospects For the Restoration of the Biocenosis of Sewage Treatment Plants. In: *Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost: novye tekhnologii i tselevye prioriteti razvitiya–2023. Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Investments. Construction. Real Estate: New*

Technologies and Target Development Priorities–2023. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference. 27 April 2023, Irkutsk. Irkutsk; 2023. P. 86–93. (In Russ.). EDN: FUFQYQ.

16. Gudilina I. The Role of Third Trophic Level Predators in the Activated Sludge Ecosystem. *Nomitek. Tekhnicheskie resheniya dlya promyshlennosti*. 2014. Available from: https://nomitech.ru/articles-and-blog/rol_khishchnikov_tretego_troficheskogo_urovnya_v_ekosisteme_aktivnogo_ila/?ysclid=mj29jhu-bej458434139 [Accessed 20 April 2025]. (In Russ.).

Информация об авторах**Оглоблин Илья Борисович,**

ведущий инженер-технолог по водоочистке,
МУП «Водоканал»,
664081, г. Иркутск, ул. Станиславского, 2,
Россия,
e-mail: ogloblinilyaborisovich@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0007-8827-3060>

Василевич Эльвира Эрнстовна,

к.т.н., 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

Тангатова Туяна Пурбуевна,

аспирант,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: tuyana.tangatova@mail.ru
Author ID: 1212438

Дударев Владимир Иванович,

д.т.н., профессор, профессор кафедры химии и биотехнологии им. В.В. Тутуриной
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**Ilya B. Ogloblin,**

Leading Engineer and Technologist
for Water Treatment,
Vodokanal Municipal Unitary Enterprise,
2 Stanislavskogo St., Irkutsk 664081, Russia,
e-mail: ogloblinilyaborisovich@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0007-8827-3060>

Elvira E. Vasilevich,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor
of the Department of Engineering
Communication 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

Tuyana P. Tangatova,

Postgraduate Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russia,
e-mail: tuyana.tangatova@mail.ru
Author ID: 1212438

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 28.11.2025.
Одобрена после рецензирования 24.12.2025.
Принята к публикации 14.01.2026.

Information about the article

The article was submitted 28.11.2025.
Approved after reviewing 24.12.2025.
Accepted for publication 14.01.2026.