

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки

**Пермский федеральный
исследовательский центр
Уральского отделения
Российской академии наук
(ПФИЦ УрО РАН)**

ул. Ленина, 13а, г. Пермь, 614990
тел. (342) 212-60-08, факс (342) 212-
93-77

E-mail: psc@permisc.ru, <http://www.permisc.ru>

ОКПО 48420579, ОГРН 1025900517378
ИНН 5902292103, КПП 590201001

от 04.12.2023 № 337/2115-486

на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Пермского
федерального исследовательского
центра Уральского отделения
Российской академии наук,
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.



Олег Анатольевич
Плехов

декабрь 2023 г

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Пермского федерального исследовательского центра
Уральского отделения Российской академии наук
на диссертационную работу **Хабибуллиной Аиды Рамилевны**

***«Биологическая дефосфатация сточных вод
в условиях зонной аэрации активного ила»***,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.5.6. Биотехнология

Актуальность темы диссертационного исследования.

Очистка сточных вод является одной из глобальных задач экологической биотехнологии. Наряду с очисткой стоков от избытка органических и азотсодержащих соединений, очистка коммунально-бытовых сточных вод от соединений фосфора, наибольшая масса которого поступает с моющими средствами, является крайне важной. Для фотосинтезирующих и азотфиксирующих цианобактерий фосфор является лимитирующим элементом, поэтому его избытки в стоках приводят к бурному развитию этих организмов в естественных водоемах, и, как результат, к снижению концентрации

растворенного кислорода, появлению продуктов разложения и накоплению токсинов. Решением этой проблемы является очистка стоков от фосфатов, однако, реагентная физико-химическая очистка экономически затратна и обоснована только при высоких концентрациях растворимых соединений фосфора. Все больше внимания уделяется биологической очистке вод от фосфатов, которую осуществляют фосфатаккумулялирующие микроорганизмы активного ила.

В связи с этим остается актуальной проблема разработки технологии, при осуществлении которой деятельность этих микроорганизмов будет наиболее эффективной, а очистка стоков от соединений фосфора наиболее полной. Всё вышесказанное обуславливает актуальность диссертационной работы А.Р. Хабибуллиной, посвященной изучению процесса биологической дефосфатации сточных вод, определению значимых факторов культивирования фосфатаккумулялирующих микроорганизмов в составе сообщества активного ила и повышению эффективности удаления фосфора из сточных вод.

Новизна исследования, полученных результатов, положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

При постановке цели и задач автор опирался на известные из научной и научно-технической литературы данные, касающиеся процесса биологической дефосфатации. Известно, что для активной фосфатаккумуляции аэробным микроорганизмам недостаточно только условий аэробно-анаэробного цикла, а необходимо введение периода, в котором клетки будут находиться в условиях отсутствия растворенного кислорода или, как минимум, его пониженной концентрации в среде. Автор диссертации экспериментально оценил фосфатаккумуляционную способность бактериальных изолятов, выделенных из активного ила, доказал влияние периодов анаэробно-аэробного цикла на дефосфатацию. Были получены новые данные, касающиеся фосфатаккумулялирующей бактерии *Pseudomonas atacamensis*, комплексом аналитических, биоинформатических и методов световой и электронной микроскопии изучена способность изолята к аккумуляции фосфора. На уровне лабораторной установки и в условиях производственных очистных сооружений было экспериментально подтверждено положительное влияние изменения режима аэрации на процесс биологической фосфатаккумуляции.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Полученные данные могут быть использованы для интенсификации процесса биологической дефосфатации сточных вод. Внедрение технического предложения позволяет увеличить эффективность биологической дефосфатации сточных вод на 40-45% в сравнении с режимом постоянной аэрации. При реализации принципа зонной аэрации в аэротенках очистных сооружений суммарная величина снижения затрат для очистки сточных вод объемом 400 м³/сутки может достигать около 1 млн. рублей в год за счет снижения затрат на закупку дефосфатирующих реагентов, потребляемую электроэнергию, а также за счет предотвращения экологического ущерба окружающей среде. Результаты целесообразно внедрять на станциях очистки коммунально-бытовых сточных вод. Полученные результаты также могут быть использованы в учебном процессе в высших учебных заведениях при преподавании дисциплин биотехнологической направленности.

Результаты диссертации широко обсуждены на конференциях и форумах разного уровня, а также опубликованы в виде 19-ти научных работ, в т.ч. 2-х статьях в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России, 2-х статьях в российских журналах (РИНЦ/RSCI); 15-ти публикациях по материалам докладов на всероссийских и международных конференциях.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты теоретического анализа, расчетных и экспериментальных исследований, полученных в диссертации Хабибуллиной А.Р., могут быть эффективно использованы на предприятиях водоотведения, профильных проектных и научных организациях, в учебном процессе технических вузов по направлению подготовки «Биотехнология» и смежным направлениям.

Общая оценка работы

Диссертация Хабибуллиной А.Р. построена по традиционному плану и состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, результатов исследования, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Работа включает 123 стр. основного текста и 7 стр. приложений, содержит 39 рисунков и 24 таблицы, библиография включает 132 наименования.

Тема диссертационной работы «Биологическая дефосфатация сточных вод в условиях зонной аэрации активного ила» полностью отражает суть диссертационной работы. Диссертация логично изложена, четко сформулированы и определены цель и задачи исследования. В разделе *Введение* автор обосновывает актуальность исследуемой проблемы, определяет цель и задачи работы, характеризует научную новизну, теоретическую и практическую значимость полученных результатов, формулирует научные положения, выносимые на защиту, приводит сведения об апробации результатов.

В *Обзоре литературы* содержатся данные научной литературы, касающиеся удаления фосфат-ионов из сточных вод, обозначены микробиологические и биохимические аспекты, а также технологические особенности этого процесса. Автор достаточно полно и подробно раскрывает тему, использует ссылки как на отечественную, так и на зарубежную литературу. В *Экспериментальной части* описываются объекты исследования, постановка экспериментов, проведение опытно-промышленных испытаний. В разделе *Результаты исследования* приведены теоретические расчеты процесса дефосфатации, описание выделенных изолятов фосфат-аккумулирующих бактерий, дана экспериментальная оценка их фосфатаккумулирующей способности, приведены рассчитанные коэффициенты корреляции параметров, влияющих на микробную фосфатаккумуляцию. Важной частью диссертационной работы являются опытно-промышленные испытания. Экономические расчеты обосновывают техническое предложение по интенсификации процесса биологической дефосфатации сточных вод. Выводы, приведенные в *Заключении* диссертационной работы, обоснованы и соответствуют поставленным задачам. *Приложения* содержат акт выполненных работ, утвержденный Генеральным директором АО "ЗВКС", и акт опытно-промышленных испытаний, утвержденный Генеральным директором ООО "НПК "Биотехинжиниринг", что подтверждает практическую важность полученных результатов.

При обсуждении диссертации возникли следующие вопросы и замечания:

1. Из научной литературы известно, что смена режимов аэрации (аэробноз/анаэробноз) приводит к усилению процесса аккумуляции фосфатов, в частности, Вы ссылаетесь на работы Н.С. Жмур (2001, 2003 гг). Какую конкретно модернизацию процесса очистки сточных вод Вы предлагаете для усиления эффективности извлечения фосфора? Потребуется ли для этого

изменение существующей схемы очистки сточных вод, и будут ли условия анаэробнобиоза создаваться изменением интенсивности аэрации в аэротенке, или введением дополнительных резервуаров без аэрации? Если условия анаэробнобиоза будут создаваться изменением интенсивности аэрации, какой временной промежуток будет занимать аэробнобиоз, а какой - анаэробнобиоз? К сожалению, из акта опытно-промышленных испытаний недостаточно ясны условия чередования режимов содержания растворенного кислорода. Было бы более показательно, если бы в *Заключении* были прописаны конкретные рекомендации по режимам аэрации с указанием продолжительности процессов аэробнобиоза/анаэробнобиоза.

2. Также из научной литературы известно, что длительное пребывание биомассы активного ила в условиях анаэробнобиоза приводит к выделению накопленных фосфатов в окружающую среду. Как этого избежать этого, исходя из предлагаемой Вами технологии?

3. В составе производственных очистных сооружений часто присутствуют сооружения для денитрификации сточных вод, в которых содержание кислорода понижено. Почему наличия этих сооружений в технологической схеме недостаточно для эффективного удаления фосфора?

4. Почему индексы биоразнообразия активного ила определяются только по количеству простейших (стр. 85, табл. 3.8 диссертации)? В *Экспериментальной части* следовало привести формулы, по которым были рассчитаны эти индексы.

5. В *Экспериментальной части* стоило подробнее остановиться на статистических методах, использованных в работе.

6. Не вполне понятен алгоритм работы в базе данных KEEG (стр. 73 диссертации). Следовало привести в *Приложении* информацию, связанную с работой в этой системе, например, скрины интернет-страниц. Так, например, при обращении к базе данных по URL: genome.jp/entry/gn:T07336 была получена информация, что *Pseudomonas atacamensis* является фосфат-сольюбилизирующими ризобактериями. При этом известно, что мобилизация нерастворимых фосфатов обеспечивается, главным образом, выделением органических кислот и подкислением окружающей среды, что не связано с процессом синтеза и гидролиза полифосфатов в клетке. Также следует отметить, что понятие "энергетического обмена" гораздо шире и включает не только функционирование АТФ-синтазы (подпись к рис. 3.9).

7. При определении оптимального количества биомассы

фосфатаккумуляирующих организмов в инокуляте для достижения максимальной эффективности дефосфатации было отмечено, что превышение определенной концентрации биомассы снижает эффективность дефосфатации. Автор объясняет это явление снижением концентрации углерода и фосфора в среде, что, в свою очередь, влияет на фосфатаккумуляцию. Получены ли эти данные в динамике роста изолятов, или в среду вносили предварительно выращенную биомассу? Эффективность удаления фосфатов (%) определяли, исходя из общей убыли фосфат-ионов в среде, или на основе удельных значений, рассчитанных на количество КОЕ?

Заданные вопросы являются уточняющими, а замечания не умаляют достоинств диссертационной работы, которая представляет собой законченное, логично выстроенное исследование, полностью соответствующее требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Заключение

Работа выполнена на высоком научно-методическом уровне и заслуживает безусловной положительной оценки. Научные положения диссертационного исследования имеют существенное значение для биотехнологии и прикладной микробиологии.

Автореферат и опубликованные автором научные статьи полностью отражают содержание диссертационной работы.

Таким образом, диссертационная работа Хабибуллиной Аиды Рамилевны на тему «Биологическая дефосфатация сточных вод в условиях зонной аэрации активного ила» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной прикладной задачи повышения эффективности биологической дефосфатации в процессе аэробной очистки сточных вод путем последовательного чередования зон с различным содержанием кислорода, имеющей значение для развития методов экологической биотехнологии, и полностью соответствующей специальности 1.5.6. Биотехнология.

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа Хабибуллиной А.Р., представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, полностью удовлетворяет требованиям ВАК Минобрнауки России в соответствии с п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской

Федерации от 24 сентября 2013 года №842 (в действующей редакции), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании проблемной комиссии по микробиологии "ИЭГМ УрО РАН" - филиала ПФИЦ УрО РАН (протокол № 5 от 29.11.2023 года)

Отзыв составил:

Заведующий лабораторией молекулярной биотехнологии
«Института экологии и генетики микроорганизмов Уральского
отделения Российской академии наук» - филиала
ФГБУН Пермского федерального
исследовательского центра Уральского отделения
Российской академии наук,
доктор биологических наук (03.02.03 - Микробиология),
доцент (03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии))

Максимова Юлия Геннадьевна

Подпись Ю.Г. Максимовой заверяю

04.12.2023



Полное название организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук

Почтовый адрес: 614990, г. Пермь, ул. Ленина, 13А

Контактные телефоны: +7 (342) 212-60-08

E-mail: psc@permisc.ru

Вход. № 05-7883
«08» 12 2023 г.
подпись