

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации Хасановой Айгуль Айратовны
«Процессы очистки сточных вод в условиях развития
фосфатаккумулирующих микроорганизмов в сообществах активного ила и
биопленки»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 1.5.6. Биотехнология (технические науки)

Актуальность темы исследования. Одной из наиболее острых экологических проблем современности является антропогенное эвтрофирование водных объектов, ключевым фактором которого выступает избыточное поступление биогенных элементов, в том числе соединений фосфора, с очищенными коммунально-бытовыми сточными водами. Традиционные технологии биологической очистки не всегда обеспечивают нормативное качество сбросов по содержанию биогенных элементов, что обуславливает необходимость поиска новых эффективных решений.

Направление, выбранное А.А. Хасановой и связанное с интенсификацией дефосфатации за счет применения фосфатаккумулирующих микроорганизмов, в том числе в составе биопленочных систем, обладает несомненной актуальностью, высокой научной и практической значимостью.

Научная новизна работы. В качестве значимых результатов, определяющих научную новизну диссертационного исследования, следует выделить:

1. Установление закономерностей сукцессии микробного сообщества в циклическом SBR-реакторе с идентификацией доминирующей фосфатаккумулирующей культуры рода *Azonexus* (до 24% в биоценозе) и подтверждением ее высокой накопительной способности (до 12% внутриклеточного фосфора от сухой биомассы клеток).
2. Доказательство синергетического эффекта в бинарных бактериальных культурах (*Bacillus subtilis*, *Alcaligenes faecalis* 2, *Achromobacter pulmonis* ПНОС), выражающегося в повышении массивности и структурной устойчивости биопленок (на 22–46%) к экстремальным значениям pH и присутствию синтетических ПАВ по сравнению с монокультурами.
3. Обоснование преимуществ циклического режима биофильтрации, обеспечивающего двукратное сокращение пускового периода и повышение эффективности удаления фосфатов и аммонийного азота на 20–35% по сравнению с классическим активным илом.

Практическая и теоретическая значимость результатов исследования. Автором успешно решена важная прикладная задача: разработана технологическая схема биологической очистки коммунально-бытовых сточных вод для станций малой производительности (400 куб. м /сут) с попеременным использованием биофильтров. Высокая ценность работы подтверждается успешной промышленной апробацией и актом о практическом использовании результатов диссертации на объектах МУП «Водоканал» г. Казани (жилой массив «Крутушка»). Определен предположительный экономический эффект от внедрения такого решения. Диссертантом также разработана оригинальная методика диагностики

фосфатаккумулирующей способности активного ила, защищенная в рамках проекта, поддержанного Фондом содействия инновациям.

Достоверность результатов, апробация и публикации. Достоверность положений и выводов диссертации базируется на применении широкого спектра корректных и современных методов исследования (высокопроизводительное секвенирование по гену 16S рРНК, электронная микроскопия, рентгеновский микроанализ), воспроизводимости экспериментов и строгой статистической обработке данных по критерию Стьюдента-Фишера. Основные результаты работы достаточно полно изложены в 14 научных публикациях, в том числе в 2 статьях в журналах из перечня ВАК РФ и 1 статье в международном издании, индексируемом в БД Scopus (Q1).

Замечания и дискуссионные вопросы.

1. Во введении в качестве важного фактора биопленкообразования и адаптации клеток упоминается феномен «чувства кворума» (quorum sensing) в микробных сообществах. Однако далее в задачах, защищаемых положениях и выводах экспериментальное изучение или теоретическое обсуждение роли сигнальных молекул в наблюдаемых процессах автором не приводится.

2. Согласно данным рисунка 2 (стр. 8) и описанию таксономического анализа (стр. 10), в SBR-реакторе на 76-е сутки культивирования наблюдалось резкое падение эффективности дефосфатации (до 27–31%), обусловленное вымыванием основного агента — бактерий рода *Azonexus* (до уровня менее 1%). Каким образом можно обеспечить долговременную сукцессионную стабильность специализированного микроценоза в промышленных сооружениях, если в лабораторных условиях наблюдается его нестабильность?

3. На представленных графиках кинетики нитрификации (рис. 7в, стр. 14) в системе с биопленкой на 4–7 сутки наблюдается выраженное накопление нитрит-ионов до высоких значений (около 40 мг/куб. дм). Данный факт свидетельствует о временном ингибировании второй фазы нитрификации, что является серьезным технологическим риском, однако этот пик остался без комментариев в тексте автореферата.

4. В выводе №4 указывается, что средняя эффективность удаления фосфатов иммобилизованным сообществом в биофилтре составила 95 и 92%. В то же время в выводе №5 отмечается, что при интродукции селекционированной культуры *Alcaligenes faecalis* 2 данный показатель составил 91–93 и до 99%. Имеет смысл пояснить технологическую и экономическую целесообразность усложнения процесса биоаугментацией специально выращенной чистой культурой, если нативная иммобилизованная биомасса демонстрирует аналогичные средние результаты.

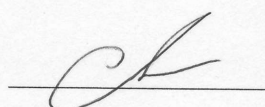
Заключение. Указанные замечания и вопросы носят преимущественно дискуссионный характер, не снижают общей высокой научной ценности и прикладной значимости диссертационного исследования. Судя по автореферату, диссертационная работа «Процессы очистки сточных вод в условиях развития фосфатаккумулирующих микроорганизмов в сообществах активного ила и биопленки» является законченным научно-квалификационным исследованием,

выполненным на высоком уровне. Работа полностью отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Хасанова Айгуль Айратовна, безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология.

Даю согласие на обработку персональных данных, включения их в аттестационное дело соискателя, размещение отзыва на сайте ФГБОУ ВО «КНИТУ» и ФГАОУ ВО «КФУ».

«03» сентября 2026 г.

Рецензент:

 / Максимов Александр Юрьевич /

Ученая степень: кандидат биологических наук.

Специальность, по которой получена ученая степень:
03.02.03 микробиология

Ученое звание: доцент

Должность: старший научный сотрудник лабораторией молекулярной биотехнологии

Полное название организации:

«Институт экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения Российской академии наук» - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук

Почтовый адрес: 614081, г. Пермь, ул. Голева, 13

Тел. (342)2124476

E-mail: almaks1@mail.ru

Подпись Максимова А.Ю. удостоверяю



Вход. № 05-9128
« 11 » 09 2026 г.
подпись 