

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

Диссертационная работа Хасановой Айгуль Айратовны посвящена актуальной и научно значимой проблеме совершенствования биотехнологий очистки сточных вод от соединений фосфора. Особую актуальность исследованию придает направленность на предупреждение загрязнения водных объектов соединениями фосфора. В этой связи поиск биологических способов интенсификации дефосфатации, основанных на управлении составом и функциональной активностью микробных сообществ активного ила и биопленок, представляет несомненный научный и практический интерес.

К достоинствам работы следует отнести комплексный подход автора к изучению процессов биологического удаления фосфора. В автореферате последовательно рассмотрены как технологические показатели функционирования систем очистки, так и их микробиологическая основа: динамика структуры микробного сообщества, фосфатаккумулирующая активность клеток, закономерности формирования биопленок, устойчивость моно- и бинарных культур к внешним воздействиям, а также влияние биоаугментации на эффективность дефосфатации.

Существенным научным результатом является установление закономерностей сукцессии микробного сообщества активного ила в условиях циклического анаэробно-аэробного культивирования в реакторе последовательно-периодического действия. Автором показано, что формирование эффективного фосфатаккумулирующего сообщества сопровождается изменением состава доминирующих микробных групп и связано с развитием представителей рода *Azotexis*. В период наиболее выраженной дефосфатации доля представителей данного рода достигала 18–23%, а эффективность удаления фосфора составляла до 51%.

Представляется важным, что в работе использован не только таксономический, но и функциональный подход к оценке роли микроорганизмов. Анализ генетического потенциала *Azotexis* позволил обнаружить гены высокоаффинной и низкоаффинной систем транспорта фосфата, а также гены, связанные с метаболизмом полифосфатов, что подтверждает возможность этих микроорганизмов к накоплению и мобилизации фосфора в составе активного ила.

Кроме того, показана внутриклеточная аккумуляция фосфора. Применение сканирующей электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа позволило автору продемонстрировать увеличение содержания внутриклеточного фосфора, магния и азота при культивировании активного ила в SBR-реакторе. В частности, к 25-м суткам содержание фосфора в клеточных структурах возрастало в 14 раз по сравнению с ранним этапом культивирования. Полученные данные согласуются с интенсификацией полифосфатного обмена в клетках фосфатаккумулирующих микроорганизмов и свидетельствуют о физиологической состоятельности формирующегося микробного сообщества.

Несомненным достоинством диссертационного исследования является изучение биопленок не только как инженерной формы иммобилизации биомассы, но и как особой микробной системы с повышенной устойчивостью и функциональной активностью. Автором исследована способность к пленкообразованию ряда бактериальных культур, выделенных из активного ила либо используемых в исследованиях биотехнологической направленности *Alcaligenes faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Achromobacter pulmonis*, *Paenibacillus odorifer*, *Rhodococcus erythropolis* и других. Наиболее перспективными для формирования развитых биопленок признаны культуры *A. faecalis* 2, *B. subtilis*, *P. odorifer* и *A. pulmonis* ИНОС.

Работа выполнена на современном методическом уровне. В исследовании использованы методы культивирования активного ила и биопленок в лабораторных биореакторах, микробиологические методы оценки пленкообразования, определе-

метаболической активности клеток, анализ содержания фосфат-, аммоний-, нитрит- и нитрат-ионов, электронная микроскопия, рентгеновский микроанализ, молекулярно-генетические методы определения состава микробного сообщества и статистическая обработка полученных результатов. Такое сочетание методов позволило автору связать технологические параметры очистки с характеристиками микробного сообщества и физиологическим состоянием клеток.

Практическая значимость исследования подтверждается разработкой технологического решения для очистных сооружений малой производительности, предусматривающего двухсекционную биофильтрацию сточных вод при расходе 400 м³/сут. Предложенная схема основана на последовательной работе двух биофильтров с иммобилизованной биомассой и направлена на глубокое удаление соединений фосфора и азота. Отдельно следует отметить наличие акта практического использования результатов исследования МУП «Водоканал» г. Казани, что подтверждает прикладную перспективность разработанного подхода.

Таким образом, диссертационное исследование Хасановой Айгуль Айратовны «Процессы очистки сточных вод в условиях развития фосфатаккумулирующих микроорганизмов в сообществах активного ила и биопленки» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-практическая задача повышения эффективности биологической очистки сточных вод путем формирования и использования функционально активных фосфатаккумулирующих микробных сообществ активного ила и биопленки.

По актуальности, научной новизне, объему проведенных исследований, достоверности и обоснованности полученных результатов, теоретической и практической значимости диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Хасанова Айгуль Айратовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология.

Валидов Шамиль Завдатович, PhD

Руководитель лаборатории молекулярно-генетических и микробиологических методов
отдел перспективных исследований, Федеральный исследовательский центр «Казанский
научный центр Российской академии наук»

Почтовый адрес: 420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, 20а

Рабочий телефон: +7(843) 277-82-74

Мобильный: +7 9272492248

E-mail: sh.validov@knc.ru

Подпись  Валидов Ш. З.

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

Вход. № 05-9160
« 22 » 09 2026 г.
подпись 

